



日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

09/506, 26
(To 14354
U.S./sh
HS

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application:

2000年 2月 8日

出願番号
Application Number:

特願 2000-030439

出願人
Applicant(s):

キヤノン株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

RECEIVED
21 2000

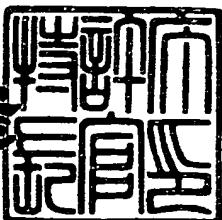
TECHNOLOGY CENTER 2800

BEST AVAILABLE COPY

2000年 3月 17日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特 2000-3017435

【書類名】 特許願
【整理番号】 4115003
【提出日】 平成12年 2月 8日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01J 29/46
【発明の名称】 電子放出素子、電子源および画像形成装置および、それ
　　らの製造方法
【請求項の数】 16
【発明者】
　【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
　　社内
　【氏名】 教學 正文
【発明者】
　【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
　　社内
　【氏名】 水野 祐信
【発明者】
　【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
　　社内
　【氏名】 糸信 恒樹
【発明者】
　【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
　　社内
　【氏名】 橋本 浩行
【発明者】
　【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
　　社内
　【氏名】 塚本 健夫

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100096828

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡辺 敬介

【電話番号】 03-3501-2138

【選任した代理人】

【識別番号】 100059410

【弁理士】

【氏名又は名称】 豊田 善雄

【電話番号】 03-3501-2138

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第 42830号

【出願日】 平成11年 2月22日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004938

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703710

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子放出素子、電子源および画像形成装置および、それらの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、第2の間隙を有する導電性部材を配置する工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記導電性部材から離れて配置した電子放出手段から、少なくとも前記第2の間隙に、電子線を照射を照射する工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記導電性部材に電圧を印加する工程と、を有することを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項2】 基板上に、第2の間隙を置いて第1および第2の導電性部材を配置する工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記導電性部材から離れて配置した電子放出手段から、少なくとも前記第2の間隙に、電子線を照射をする工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記第1および第2の導電性部材間に電圧を印加する工程と、を有することを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項3】 基板上に、第2の間隙を有する導電性部材を配置する工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記導電性部材から離れて配置した電子放出手段から、少なくとも前記第2の間隙に、電子線を照射をしながら前記導電性部材に電圧を印加する工程と、を有することを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項4】 基板上に、第2の間隙を置いて第1および第2の導電性部材を配置する工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記導電性部材から離れて配置した電子放出手段から、少なくとも前記第2の間隙に、電子線を照射をしながら前記第1および第2の導電性部材間に電圧を印加する工程と、を有することを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項5】 基板上に、第2の間隙を有する導電性部材を配置する工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記導電性部材に電圧を印加している期間内に、前記導電性部材から離れて配置した電子放出手段から、少なくとも前記第2の間隙に電子線を照射をする工程と、を有することを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項6】 基板上に、第2の間隙を置いて第1および第2の導電性部材

を配置する工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記第1および第2の導電性部材間に電圧を印加している期間内に、前記導電性部材から離れて配置した電子放出手段から、少なくとも前記第2の間隙に電子線を照射をする工程と、を有することを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項7】 前記第2の間隙を有する導電性部材は、一対の電極間を接続し、その一部に前記第2の間隙を有する導電性膜であることを特徴とする請求項1、3、5のいずれかに記載の電子放出素子の製造方法。

【請求項8】 前記導電性部材は、前記第2の間隙を置いて配置された一対の電極であることを特徴とする請求項2、4、6のいずれかに記載の電子放出素子の製造方法。

【請求項9】 前記導電性部材は、間隔を置いて配置された第1および第2の電極のそれぞれに接続し、前記第2の間隙を置いて配置された第1の導電性膜および第2の導電性膜であることを特徴とする請求項2、4、6のいずれかに記載の電子放出素子の製造方法。

【請求項10】 前記印加する電圧は、パルス状の電圧であることを特徴とする請求項1乃至9のいずれかに記載の電子放出素子の製造方法。

【請求項11】 前記電子線は、1keV以上20keV以下であることを特徴とする請求項1乃至10のいずれかに記載の電子放出素子の製造方法。

【請求項12】 複数の電子放出素子を有する電子源の製造方法であって、前記電子放出素子が請求項1乃至11のいずれかの製造方法により製造されることを特徴とする電子源の製造方法。

【請求項13】 電子源と、画像形成部材とを有する画像形成装置の製造方法であって、前記電子源が、請求項12に記載の製造方法により製造されることを特徴とする画像形成装置の製造方法。

【請求項14】 カーボン膜を有する電子放出素子であって、前記カーボン膜の比抵抗が、0.001Ωm以下であることを特徴とする電子放出素子。

【請求項15】 複数の電子放出素子を有する電子源であって、前記電子放出素子が、請求項14に記載の電子放出素子であることを特徴とする電子源。

【請求項16】 電子源と、画像形成部材とを有する画像形成装置であって

、前記電子源が、請求項15に記載の電子源であることを特徴とする画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子放出素子、該素子を複数用いた電子源、およびこれらを用いた表示装置や露光装置等の画像形成装置、およびそれらの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、電子放出素子としては大別して熱電子放出素子源と冷陰極電子源電子放出素子を用いた2種類のものが知られている。冷陰極電子放出素子源には電界放出型（以下、「FE型」という。）、金属／絶縁層／金属型（以下、「MIM型」という。）や表面伝導型電子放出素子等がある。FE型の例としてはW. P. Dyke & W. W. Dolan, "Field emission", Advance in Electron Physics, 8, 89 (1956) あるいはC. A. Spindt, "PHYSICAL Properties of thin-film field emission cathodes with molybdenum cones", J. Appl. Phys., 47, 5248 (1976) 等に開示されたものが知られている。

【0003】

MIM型の例としてはC. A. Mead, "Operation of Tunnel-Emission Devices", J. Appl. Phys., 32, 646 (1961) 等に開示されたものが知られている。

【0004】

表面伝導型電子放出素子の例としては、M. I. Elinson, Recio Eng. Electron Phys., 10, 1290, (1965) 等に開示されたものがある。

【0005】

表面伝導型電子放出素子は、基板上に形成された小面積の薄膜に、膜面に平行

に電流を流すことにより、電子放出が生ずる現象を利用するものである。この表面伝導型電子放出素子としては、前記エリンソン等による SnO_2 薄膜を用いたもの、Au薄膜によるもの [G. Dittmer: "Thin Solid Films", 9, 317 (1972)], $\text{In}_2\text{O}_3/\text{SnO}_2$ 薄膜によるもの [M. Hartwell and C. G. Fonstad: "IEEE Trans. ED Conf.", 519 (1975)]、カーボン薄膜によるもの [荒木久他: 真空、第26巻、第1号、22頁 (1983)] 等が報告されている。

【0006】

これらの表面伝導型電子放出素子の典型的な例として前述の M. ハートウェルの素子構成を図 11 に模式的に示す。同図において 111 は基板である。114 は導電性膜で、H 型形状のパターンに、スパッタで形成された金属酸化物薄膜等からなり、通電処理により電子放出部 115 が形成される。尚、図中の素子電極間隔 L は 0.5 ~ 1 mm、W' は 0.1 mm で設定されている。

【0007】

従来、これらの表面伝導型電子放出素子においては、電子放出を行う前に導電性膜 114 に予め通電フォーミングと呼ばれる通電処理を施して電子放出部 115 を形成するのが一般的であった。即ち、前記導電性膜 114 両端に直流電圧或いはパルス電圧を印加し、導電性膜 114 を局所的に破壊、変形もしくは変質させて、電気的に高抵抗な状態にした電子放出部 115 を形成するのである。このとき、導電性膜 114 の一部に亀裂が発生し、微小間隙が形成される。

【0008】

前記微小間隙を形成した表面伝導型電子放出素子は、上述導電性膜 114 に電圧を印加し、素子に電流を流すことにより、上述電子放出部 115 (微小間隙付近) より電子を放出させるものである。

【0009】

以上のような電子放出素子を複数個形成した電子源基板を用いれば、蛍光体などからなる画像形成部材と組み合わせることで画像形成装置を構成することができる。

【0010】

しかしながら、上述のM. ハートウェルの電子放出素子にあっては、安定な電子放出特性及び電子放出効率について、必ずしも満足のゆくものが得られておらず、これを用いて高輝度で動作安定性に優れた画像形成装置を提供するのは極めて難しいのが実状であった。

【0011】

そこで、例えば特開平08-264112、特開平08-162015、特開平09-027268、特開平09-027272、特開平10-003848、特開平10-003847、特開平10-003853、特開平10-003854号公報等に開示されているように、活性化処理と呼ばれる処理を施す場合がある。活性化処理工程とは、この工程により、素子電流 I_f 、放出電流 I_e が著しく変化する工程である。

【0012】

活性化工程は、有機物質を含有する雰囲気下で、フォーミング処理同様、素子にパルス電圧の印加を繰り返すことで行うことができる。この処理により、雰囲気中に存在する有機物質から、炭素や炭素化合物からなる膜が素子の少なくとも電子放出部に堆積し、素子電流 I_f 、放出電流 I_e が、著しく変化し、より良好な電子放出特性を得ることができるようになる。

【0013】

図19を用いて、従来の電子放出素子の製造方法の一例を示す。

まず、基板1上に、第1の電極2と、第2の電極3を配置する（図19（a））

次に、第1および第2の電極間をつなぐ導電性膜4を配置する（図19（b））

そして、前述したフォーミング処理を行う。具体的には、上記導電性膜に電流を流すことで、導電性膜4の一部に第2の間隙6を形成する（図19（c））。

さらに、前述した活性化処理を行う。具体的には、上記導電性膜に電流を流すことで、第2の間隙6内の基板1上、およびその近傍の導電性膜4上にカーボン膜10を配置する。この活性化工程により、上記第2の間隙よりも狭い、第1の間隙7が形成され、電子放出部5が形成される（図19（d））。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】

電子放出素子を適用した画像形成装置が明るい画像を安定して表示するためには、より更に高い電子放出効率で且つ安定した電子放出特性を、より更に長時間保持し続けられること技術が望まれている。

【0015】

ここでいう電子放出効率とは、電子放出素子の一対の対向する素子電極間に電圧を印加したとき、該電極間に流れる電流（以下、素子電流 I_f と呼ぶ）に対する真空中に放出される電流（以下、放出電流 I_e と呼ぶ）との比率である。

【0016】

高い電子放出効率を長時間にわたり安定的に制御することができれば、例えば蛍光体を画像形成部材とする画像形成装置においては、低電力で明るい高品位な画像形成装置、例えばフラットテレビが実現可能となる。

【0017】

このような応用に用いるためには、実用的な電圧（例えば10V～20V）で十分な放出電流 I_e が得られること、放出電流 I_e および素子電流 I_f が駆動中に大きく変動しないこと、長時間にわたり放出電流 I_e 及び素子電流 I_f が劣化しないこと、が求められる。

しかしながら、前述した従来の表面伝導型電子放出素子の製造方法では、以下のような問題点があった。

【0018】

素子の電子放出効率、寿命等の素子特性は、活性化工程によって堆積した炭素あるいは炭素化合物からなるカーボン膜10（図19（d）参照）の構造や安定性によって左右されるようになる。

【0019】

また、上記したフォーミング工程により形成される第2の間隙6の形状は、図20に模式的に示すように、その幅が不均一な形状に形成される場合があった。図20は、フォーミング工程を行った素子（図19（c））の平面模式図である。また、フォーミング工程により形成される第2の間隙6は、電極2、3間で大

きく蛇行する場合があった。このように、フォーミング工程により形成される第2の間隙6の形状が不均一であると、素子電極2、3間に電圧をかけた時、上記間隙6に生じる電界が不均一となる。

【0020】

前記不均一な第2の間隙6を有する素子においても、前述の活性化工程を施すことによって、炭素や炭素化合物からなるカーボン膜10を、上記間隙6内の基板1上およびその近傍の導電性膜4上に堆積させることにより、上記間隙6を埋め、間隙の幅を実質的に狭めることができる。

【0021】

その結果、フォーミング工程によって形成された間隙6の幅のばらつきを低減することができるとともに、放出電流 I_e および素子電流 I_f が増大させることができること。

【0022】

しかしながら、上記活性化工程を行っても、素子電極2、3から間隙6までの距離の不均一さ（間隙6の蛇行）は基本的に低減されない。

【0023】

そして、また、フォーミング工程によって形成された間隙6の幅の不均一さに依存して、活性化工程によって形成される、カーボン膜10の堆積量が不均一となる場合があった。

【0024】

これらの不均一性によって、素子電極2、3間に電圧をかけた時、第1の間隙7部に実効的に印加される電圧が不均一となる、また、領域によって放出電流 I_e の違いが生じたり、また、局所的に大きな電界がかかり劣化しやすい領域が生じることがある。

【0025】

そして、必要な電子放出効率が得られなかったり、放出電流 I_e が素子間でばらついたり、駆動中の特性の変動や劣化が生じる場合があった。

【0026】

従って、電子放出素子を用いたフラットテレビ等に応用可能な高品位な画像形

成装置を実現するためには、該電子放出素子の電子放出部に、より一層好適な構造と安定性を有する炭素あるいは炭素化合物からなるカーボン膜を形成する必要がある。

【0027】

本発明は、上記問題を鑑み、良好な電子放出特性を均一に、長時間にわたり安定して実現する電子放出素子の製造方法を達成し、該製造方法を用いて電子源及び画像形成装置の製造方法を構成し、これらの製造方法によって、良好な電子放出特性が均一に得られる電子放出素子、電子源、さらには該電子源を用いてなる高輝度で均一な表示特性に優れた画像形成装置を提供するものである。

【0028】

【課題を解決するための手段】

本発明の電子放出素子の製造方法は、基板上に、第2の間隙を有する導電性部材を配置する工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記導電性部材から離れて配置した電子放出手段から、少なくとも前記第2の間隙に、電子線を照射を照射する工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記導電性部材に電圧を印加する工程と、を有することを特徴とする。

【0029】

また、本発明の電子放出素子の製造方法は、基板上に、第2の間隙を置いて第1および第2の導電性部材を配置する工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記導電性部材から離れて配置した電子放出手段から、少なくとも前記第2の間隙に、電子線を照射をする工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記第1および第2の導電性部材間に電圧を印加する工程と、を有することを特徴とする。

【0030】

また、本発明の電子放出素子の製造方法は、基板上に、第2の間隙を有する導電性部材を配置する工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記導電性部材から離れて配置した電子放出手段から、少なくとも前記第2の間隙に、電子線を照射をしながら前記導電性部材に電圧を印加する工程と、を有することを特徴とする

【0031】

また、本発明の電子放出素子の製造方法は、基板上に、第2の間隙を置いて第1および第2の導電性部材を配置する工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記導電性部材から離れて配置した電子放出手段から、少なくとも前記第2の間隙に、電子線を照射をしながら前記第1および第2の導電性部材間に電圧を印加する工程と、を有することを特徴とする。

【0032】

また、本発明の電子放出素子の製造方法は、基板上に、第2の間隙を有する導電性部材を配置する工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記導電性部材に電圧を印加している期間内に、前記導電性部材から離れて配置した電子放出手段から、少なくとも前記第2の間隙に電子線を照射をする工程と、を有することを特徴とする。

【0033】

また、本発明の電子放出素子の製造方法は、基板上に、第2の間隙を置いて第1および第2の導電性部材を配置する工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記第1および第2の導電性部材間に電圧を印加している期間内に、前記導電性部材から離れて配置した電子放出手段から、少なくとも前記第2の間隙に電子線を照射をする工程と、を有することを特徴とする。

【0034】

また、上記本発明の製造方法は、複数の電子放出素子を有する電子源の製造方法に好ましく適用することができる。

【0035】

また、上記本発明の製造方法は、電子源と、画像形成部材とを有する画像形成装置の製造方法に好ましく適用することができる。

【0036】

本発明は、また、カーボン膜を有する電子放出素子であって、前記カーボン膜の比抵抗が、 $0.001 \Omega \text{ m}$ 以下であることを特徴とする。

【0037】

また、上記本発明の電子放出素子は、複数の電子放出素子を有する電子源に好ましく適用することができる。

【0038】

また、上記本発明の電子放出素子は、電子源と、画像形成部材とを有する画像形成装置に好ましく適用することができる。

【0039】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の製造方法の一例を図1、図2、図4を用いて詳細に説明する。

【0040】

図1は、本発明が好ましく適用される表面伝導型電子放出素子の構成を示す模式図であり、図1(a)は平面図、図1(b)は断面図である。図2、図4は本発明の製造方法の一部を示す模式図である。

【0041】

図1、図2、図4中、11は基板、12、13は素子電極、14は導電性膜、15は炭素を主成分とするカーボン膜（導電性被膜）、100は電子放出部、16は第2の間隙、17は第1の間隙である。

【0042】

(工程A)

まず、対向する電極12、13を作成する。そのために、基板11を洗剤、純水および有機溶剤等を用いて十分に洗浄し、真空蒸着法、スパッタ法等により電極材料を堆積後、フォトリソグラフィー技術を用いて基板11上に電極12、13を形成する（図2(a)）。あるいは、オフセット印刷法などの印刷法により電極を作成することもできる。好ましくは印刷法、その中でも特にオフセット印刷法を用いれば安価に大面積に形成できるので好ましい。

【0043】

本発明において、基板11には、Na等の不純物含有量を減少したガラス、石英ガラス、青板ガラス、青板ガラスにスパッタ法等により形成したSiO₂を積層したガラス基板及びセラミックス及びSi基板等を用いることもできる。

【0044】

電極12、13の材料としては、ごく一般的な導体材料を用いることができる。例えばNi、Cr、Au、Mo、W、Pt、Ti、Al、Cu、Pd等の金属

或いは合金、及びPd、Ag、Au、RuO₂、Pd-Ag等の金属或いは金属酸化物、あるいは上記金属、合金、金属酸化物のいずれかとガラス等から構成される印刷導体、あるいは、また、In₂O₃-SnO₂等の透明導電体及びポリシリコン等の半導体導体材料等から適宜選択される。

【0045】

素子電極間隔L、素子電極長さW、導電性膜14の形状等は、応用される形態等を考慮して、設計される。素子電極間隔Lは、好ましくは数百nm～数百μmの範囲とし、より好ましくは、素子電極間に印加する電圧等を考慮して、数μm～数十μmの範囲とする。

【0046】

素子電極長さWは、電極の抵抗値、電子放出特性を考慮すると、好ましくは数μm～数百μmの範囲であり、素子電極12、13の膜厚dは、好ましくは数十nm～数μmの範囲である。

【0047】

尚、図1に示した構成だけでなく、基板1上に、導電性膜14、対向する素子電極12、13の順に積層した構成とすることもできる。

【0048】

(工程B)

次に、導電性膜14を形成する。例えば電極12、13を設けた基板11に、有機金属溶液を塗布して、有機金属膜を形成する。有機金属溶液は、前述の導電性膜14の材料の金属を主元素とする有機金属化合物の溶液である。この有機金属膜を加熱焼成処理し、リフトオフ、エッティング等によりパターニングし、導電性膜14を形成する(図2(b))。ここでは、有機金属溶液の塗布法を挙げて説明したが、導電性膜4の形成法はこれに限られるものではなく、真空蒸着法、スパッタ法、化学的気相堆積法、分散塗布法、ディッピング法、スピナー法、インクジェット法等を用いることができる。

【0049】

インクジェット法を用いた場合には、10ngから数十ng程度の微小液滴を再現性良く発生し基板に付与することができ、フォトリソグラフィによるパター

ニングや真空プロセスが不要であるため、生産性の上から好ましい。インクジェット法の装置としては、エネルギー発生素子として電気熱変換体を用いたパブルジェットタイプ、或いは圧電素子を用いたピエゾジェットタイプ等が使用可能である。上記液滴の焼成手段としては、電磁波照射手段や加熱空気照射手段、基板全体を加熱する手段が用いられる。電磁波照射手段としては、例えば赤外線ランプ、アルゴンイオンレーザー、半導体レーザー等を用いることができる。

【0050】

導電性膜14を構成する材料は、Pd, Pt, Ru, Ag, Au, Ti, In, Cu, Cr, Fe, Zn, Sn, Ta, W, Pd等の金属、PdO, SnO₂, In₂O₃, PbO, Sb₂O₃等の酸化物、HfB₂, ZrB₂, LaB₆, CeB₆, YB₄, GdB₄等の硼化物、TiC, ZrC, HfC, Ta, C, SiC, WC等の炭化物、TiN, ZrN, HfN等の窒化物、Si, Ge等の半導体、を用いることが可能である。

【0051】

導電性膜14の膜厚は、素子電極12、13へのステップカバレージ、素子電極12、13間の抵抗値等を考慮して適宜設定されるが、通常は、数Å～数百nmの範囲とするのが好ましく、より好ましくは1nm～50nmの範囲とするのが良い。その抵抗値は、Rsが $1 \times 10^2 \sim 1 \times 10^7 \Omega/\square$ の値である。尚、Rsは、幅がwで長さがlの薄膜の長さ方向に測定した抵抗Rを $R = R_s (1/w)$ とおいた時の値である。

【0052】

(工程C)

次に、導電性膜14に第2の間隙16を形成するフォーミング工程を行う。具体的には、一対の電極12、13間に電圧（特にパルス電圧）を印加し、導電性膜14に電流を流すことで通電を行うことにより、該導電性膜14の一部に、局所的に破壊、変形もしくは変質等の構造の変化した微小間隙16を形成する（図2（c））。尚、同図では間隙16を境に、導電性膜14が、左右に完全に分離されて示されているが、一部でつながっている場合もある。そのため、上記フォーミング工程を行って間隙16が形成された導電性膜14は、間隙16を置い

て対向する一対の導電性膜（導電性部材）14ということもできるし、また、間隙16を有する導電性膜（導電性部材）14と言うこともできる。

【0053】

上記通電処理における電圧波形の一例を図3に示す。図3においてパルス幅 T_1 は $1\text{ }\mu\text{sec} \sim 10\text{ msec}$ 、パルス間隔 T_2 は $10\text{ }\mu\text{sec} \sim 10\text{ msec}$ の範囲で自由に設定される。三角波の波高値は、導電性膜の材質、膜厚に応じて選択される。以上の条件のもと、数秒から数十分間パルス電圧を印加する。間隙16の形成の完了は、電圧印加時の電流値を測定しておき、電流値がある設定値以下になったことをもって判定すればよい。例えば、0.1V程度の電圧印加により流れる電流を測定し、抵抗値を求めて、 $1\text{ M}\Omega$ 以上の抵抗を示した時、通電フォーミングを終了する。

【0054】

(工程D)

上記のように形成された第2の間隙16を有する導電性膜14に対して、炭素を主成分とするカーボン膜（導電性被膜）15を形成する、活性化工程を行う（図2（d））。この工程により、素子電流 I_f 、放出電流 I_e を著しく増大させることができる。

【0055】

本発明においては、この活性化工程において、図4に示したように、電子放出素子の外部に電子放出手段41を別途を設け、該電子放出手段から射出される電子線を、間隙16近傍で下記①から③のいずれかの領域に照射しながら、電極12、13間に電圧を印加して炭素を主成分とする導電性被膜（カーボン膜）15の形成を行う。つまり、電子放出手段からの電子線照射と同時に電極12、13間に電圧印加を行うのである。

前記電子線の照射領域としては、

- ①前記間隙16内の基体11、
- ②前記間隙16内の基体11およびその近傍の導電性膜14、
あるいは
- ③前記間隙16内の基体11および導電性膜14さらには電極12、13、

のいずれかである。好ましくは上記③の領域に照射する。

【0056】

また、前記活性化工程において、電極12、13間に電圧印加は、好ましくはパルス電圧を繰り返し印加することによって行う。更に、本発明においては、好ましくは図2や図22に示した様に、両極性のパルス電圧を印加する。

【0057】

カーボン膜15は、炭素化合物ガス（有機物質ガス）を含有する雰囲気下で、導電性膜14（一対の電極12、13間）にパルス電圧の印加を繰り返すことにより、電子放出素子の外部に設けた電子放出手段41から射出される電子線を、間隙16近傍に照射することで形成することができる。

【0058】

尚、図4において、前記素子と電子放出手段41は、同一の真空容器中に設置されている。電子放出手段41には熱陰極を電子線源として使用し、加速電圧を与えることによって加速する構造を用いれば良い。

【0059】

電子放出手段41から放出される電子線は、間隙16内のみに絞る必要はなく、電極12、13間に印加する電圧、活性化時の炭素化合物ガスの分圧などを加味し、間隙16を中心として、数μm以上の広がりを持たせることが好ましい。

【0060】

しかしながら、あまり広い領域に電子線を照射させると、必要としない領域にまで炭素化合物が堆積する可能性がある。そのため、電子放出手段41から放出された電子線を、電子線遮蔽手段42によって遮蔽して広がりを抑えることが好ましい。

上記加速電圧は、1kVから20kV程度に設定されることが好ましい。つまり、1keV以上20keV以下のエネルギーを持つ電子線を照射することが好ましい。電子線照射は、連続的（DC的）に照射してもよいし、前記電極12、13間に印加するパルス電圧に同期させてパルス照射しても良い。好ましくは連続的（DC的）に照射しつつ、前記素子電極に印加する電圧をパルス状にすることが好ましい。

【0061】

本発明の活性化工程においては、好ましくは、電子放出手段41からの電子線を照射させながら、素子電極12、13間に電圧を印加することが好ましい。つまり、素子電極12、13間に電圧が印加されるている期間中に、電子放出手段からの電子線を上記①から③のいずれかの領域に照射する。

【0062】

上記本発明の活性化工程により形成されたカーボン膜15は、上記電極12、13のそれぞれに、導電性膜14を介し、あるいは直接に、接続される。

【0063】

また、上記活性化工程によって形成される導電性被膜（カーボン膜）15は、図2（d）に示すように第1の間隙17において対向して配される。尚、図では第1の間隙17を境に、カーボン膜15が左右に、完全に分離されて示されているが、その一部でつながっている場合もある。そのため、上記活性化工程を行って形成されたカーボン膜15は、間隙17を置いて対向する一対のカーボン膜（導電性部材）15ということもできるし、また、間隙17を有するカーボン膜（導電性部材）15と言うこともできる。

【0064】

上記活性化工程の雰囲気に用いられる炭素化合物（有機物質）としては、アルカン、アルケン、アルキンの脂肪族炭化水素類、芳香族炭化水素類、アルコール類、アルデヒド類、ケトン類、アミン類、フェノール、カルボン酸、スルホン酸等の有機酸類等を挙げることが出来、具体的には、メタン、エタン、プロパンなど C_nH_{2n+2} で表される飽和炭化水素、エチレン、プロピレンなど C_nH_{2n} 等の組成式で表される不飽和炭化水素、ベンゼン、トルエン、メタノール、エタノール、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アセトン、メチルエチルケトン、メチルアミン、エチルアミン、フェノール、蟻酸、酢酸、プロピオン酸等あるいはこれらの混合物が使用できる。

【0065】

上記従来の活性化工程の際には、第2の間隙16を流れる電流のみによって、雰囲気中に存在する炭素化合物（有機物質）が分解し、炭素あるいは炭素化合物が

第2の間隙16内の基板上及びその近傍の導電性膜14上に堆積し、間隙16（形成途中の間隙17）近傍から放出された電子が、前記炭素あるいは炭素化合物に照射されることによって、更には一部が結晶化し、導電性を有するようになるとを考えている。

【0066】

活性化工程によって得られるカーボン膜（導電性被膜）15の結晶構造は、グラファイト構造および／または非晶質構造を含む。また、該カーボン膜15の形成過程において、これらの中間的な構造を有することがある。グラファイト構造をとった場合、高い導電性が得られるが、非晶質構造であると導電性は低下する。結晶化度は電子放出素子の特性、特に後述する電子放出効率に強い影響を与える。

【0067】

ここで、結晶化度とは、非晶質の状態から、比較的周期構造の乱れが大きい状態を経て、完全な結晶構造へ変化しうる物質に対し、その進行の度合いを表す。

【0068】

また、従来の活性化工程では、その進行とともに、間隙16内に堆積する炭素や炭素化合物は、特にその中でもより幅の小さい間隔部に多く堆積する傾向がある。その結果、形成されるカーボン膜15の形態に「乱れ」が生じてしまう。

【0069】

そのため、従来の製造方法では、活性化工程の進行とともにカーボン膜15の形態に「乱れ」が生じ、間隙16近傍から放出される電子が堆積した炭素あるいは炭素化合物に十分に照射されない部位が生じてしまう。このような状態では、間隙16近傍に堆積した炭素あるいは炭素化合物は、結晶化度が低い領域を多く内包した状態で成長し、得られるカーボン膜15の導電性も低いものとなってしまう。即ち、これは、カーボン膜15の成長過程において、電子線照射の不足によってもたらされた結果であると考えている。

【0070】

上記のような、結晶化度が低い領域を多く内包したカーボン膜が形成されると、素子駆動時に、電子放出部から放出される電子の衝突、或いは素子電流 I_f に

による発熱によって、カーボン膜15の結晶構造が徐々に変化し、非晶質構造から、グラファイト構造への結晶化の度合いを変化させることが考えられる。また、それと同時にカーボン膜15の抵抗が変化し、素子の電気伝導特性が徐々に変化してしまうと考えられる。

【0071】

その結果、特に画像形成装置のような多数の素子の特性がそろっていることが望まれる場合、素子の電子放出特性の変化を引き起こすため、輝度バラツキなどにつながる。

【0072】

これに対し、本発明の電子放出素子の製造方法によれば、素子の外部からの電子線を照射するため、導電性膜14上、及び第2の間隙16内において形成途上にあるカーボン膜に十分な電子線を与えることができる。そのため、カーボン膜の物性の変化を促進することができ、結晶化度が十分に促進された導電性の高いカーボン膜を主成分とする導電性被膜を効率よく形成できる。そして、その結果、前述の駆動時の導電性被膜（カーボン膜）の物性変化を抑制できる。従って、素子の電子放出特性が安定する。

【0073】

そこで、本発明の製造方法によれば、炭素を主成分とする導電性被膜（カーボン膜）15の比抵抗をが $0.001\Omega\text{m}$ 以下にすることができる。

【0074】

また、本発明の電子源の製造方法においては、間隙16近傍に照射する電子線として、隣接する電子放出素子の電子放出部から放出される電子線を用いることもできる。この手法によれば、図4に示したように、電子線照射のために別個に電子放出手段を設ける必要がない。

【0075】

また、前述した、形態の「乱れ」により、カーボン膜の形成反応が不均一に起った場合は、部分的にカーボン15が厚く形成されることがあり、電子が照射されにくい陰になる領域が生じてしまうことがあったが、前記した外部に電子線照射手段を設けるのと同様に、隣接する他の素子からの電子を受けることにより

、異なった角度からの電子線照射を行うことができるようになる。

【0076】

異なる電子放出素子から放出される電子線を用いる手法について以下に説明する。

【0077】

2つの素子を1つの素子電極を共有して隣接させた構成を例に挙げて説明する。

【0078】

隣接する2つの電子放出素子においては、一方の電子放出部から放出される電子線を、他方の電子放出部近傍に照射することによって、電子線を電子放出部に照射しながら、炭素を主成分とするカーボン膜（導電性被膜）を形成することができる。この時、電子は陰極側から陽極側へ向かって放出されるので、それぞれの素子から放出される電子の方向を揃えた方が、互いの電子放出部に効率よく電子を到達させることができる。特に、上記隣接する2つの電子放出素子が、それぞれの一方の素子電極を共有する構成、或いは、一方の素子電極を電気的に接続した構成とすることによって、交互に電子線を照射することができる。即ち、共有する素子電極或いは互いに接続された素子電極を接地電位とし、各々の電極対に互いに位相がずれた交流電圧、例えば、位相がπずれた電圧を印加することにより、完全に電子を放出する方向を揃えることができ、一方の電子放出部から他方の電子放出部近傍への電子線の照射を交互に行うことになる。その結果、2つの電子放出部にはほぼ同時に、炭素を主成分とする導電性被膜（カーボン膜）を効率よく形成することができる。

【0079】

図7は本実施形態の電子源の構成を示す模式図であり、図7（a）は平面図、図7（b）は断面図である。図7において、71は基板であり、基板71上に共通素子電極72、素子電極73、74が形成されている。共通素子電極72と素子電極73からなる素子電極対（電極対Aとする）の間に導電性膜75、および電子放出部79、カーボン膜76が形成され、電子放出素子Aが構成されている。また、共通素子電極72と素子電極74からなる電極対（素子電極対Bとする

) の間に導電性膜 77、更に電子放出部 80、カーボン膜 78 が形成され、電子放出素子 B が構成されている。

【0080】

基本的な構成は、図 1 において説明した電子放出素子と同様の素子を、共通素子電極 72 を介して直列に並べて一つの素子を構成したものとみなすことができる。

【0081】

上記電子放出素子に関して、電極 72～74、導電性膜 75、77 の形成方法は、先に説明した電子放出素子の形成方法と同様である。また、電極の間隔 L1、電極長さ W 及び膜厚は、電極の抵抗値、電子放出特性を考慮して決められる。ここでは、2つの電極対の間隔 L1 は同じであり、さらに、3つの電極長さは同じである。また、共通素子電極 72 の幅 L2 は、一方の電子放出部から放出された電子線が、隣接した電子放出部に到達できる距離を考慮して設定される。ここでは、素子電極と導電性膜の重なり幅は導通が取れていればよく任意である。

【0082】

電子放出部 79、80 の形成方法としては、共通素子電極 72 を接地し、素子電極 73、素子電極 74 を結合して等電位とし、電極対 A、電極対 B に同時に電圧印加し、それぞれの電子放出部を同時に形成すればよい。

【0083】

図 7 のように構成された 2 つの隣接する電子放出素子に本発明にかかる活性化処理を施す際には、一方から他方へ互いに電子線を照射することができる。その具体的な手順を以下に説明する。

【0084】

共通素子電極 72 を接地し、素子電極 73、及び素子電極 74 には、不図示のパルス電圧源を接続する。

【0085】

図 8 は、素子電極 73 及び素子電極 74 のそれぞれに印加する電圧波形 (a)、(b) の一例であり、矩形波パルスを符号を交流的に印加する。図 8 からわかるように、それぞれの電極には、位相が π 異なるパルス電圧が印加される。

【0086】

ところで、電子は、電子放出部を相対的に低電位である電極側から高電位である電極側に流れ、その一部が同方向に電子線として放出される。従って、図8のような電圧を印加した場合、電子線は電子放出部79から80の方向と80から79の方向へ交互に放出されることになる。

【0087】

この様子を図9に模式的に示す。パルス電圧の極性が変化するごとに、図9(a)と図9(b)の様に、電子線が放出される方向が変化する。図9(a)の場合、電子放出部79から放出された電子線は、電子放出部80近傍に照射される。また、図9(b)の場合、電子放出部80から放出された電子線は、電子放出部79近傍に照射されることになる。

【0088】

または他のパルスパターンとして、図10に示すような電圧波形を用いることもできる。この場合、素子電極73及び素子電極74には互いに位相が $\pi/2$ 異なったパルス電圧が印加される。この波形パターンを用いれば、一つの電子放出部から電子線が放出されているときは他方の電子放出部からは電子線は出ないので、一方向からの電子線を受けることができ、両方の方向から電子線が照射されるときの干渉を排除できる。

【0089】

本発明は、さらに、以下に示す製造方法により、前述したフォーミング工程による第2の間隙16の蛇行に起因した素子間の特性バラツキを低減することができる。

【0090】

即ち、本発明の別の実施形態は、前述した上記導電性膜14を用いずに、比較的直線性の優れた一对の素子電極(導電性部材)12, 13間に直接、上記した本発明の活性化工程を行うものである。図21(a)は本形態の電子放出素子の平面模式図であり、図21(b)はその断面模式図である。図22、23は、上記製造方法のプロセスの一部を示す模式図である。尚、図21に示した模式図では、第1の間隙17は、完全な直線で示しているが、これは、本発明をより容易

に理解するために示したものである。また、図21では、カーボン膜15は、第1の間隙17を境に完全に分離されて示されているが、その一部でつながっている場合もある。そのため、上記活性化工程を行って形成されたカーボン膜15は、間隙17を置いて対向する一対のカーボン膜（導電性部材）15ということもできるし、また、間隙17を有するカーボン膜（導電性部材）15と言うこともできる。

【0091】

上記本発明の別の製造方法は、まず基板11上に間隙Lを置いて、一対の素子電極（導電性部材）12、13を配置する（図22（a））。本形態においては、素子電極12、13間の間隙が、前述した第1の間隙16に相当する。

【0092】

次に、本発明の活性化工程を行う。この活性化工程においては、電子放出手段を別途設け、該電子放出手段から射出される電子線を、下記①あるいは②のいずれかの領域に照射しながら、電極12、13間に電圧を印加してカーボン膜15の形成を行う（図22（b）、図23）。つまり、電子放出手段からの電子線照射と同時に電極12、13間に電圧印加を行うのである。

前記電子線の照射領域としては、

- ①前記素子電極12、13間の基体11、
- ②前記素子電極12、13間の基体11、および電極12、13、
のいずれかである。

【0093】

これにより、該素子電極12、13上および、素子電極間の絶縁性基体11上にカーボン膜15を形成すると同時に、該素子電極12、13間に第1の間隙17を形成することができる。

【0094】

図23は、外部から電子線を照射する際の装置を模式的に示した図である。図23に示した電子線照射装置の構成は、図4に示したものと基本的には同一である。図23において、61は電子放出手段である。電子放出素子と、該電子放出手段61は、同一の真空容器中に設置されても良いが、必要に応じて基板11が

設置されている真空容器と別の真空容器に設置され、差動排気されていても良い

【0095】

差動排気が施されている場合は、電子線透過用のピンホール（図23の62）が施され、ピンホールのコンダクタンスが低いために基板11が設置された真空容器内圧力と電子放出手段61が設置された真空容器内圧力を分離することが可能となる。

【0096】

電子放出手段61には熱陰極を電子線源として使用し、加速電圧を与えることによって加速する構造を用いれば良い。また、電子線の照射領域を微細に制御するため、電子線遮断手段63を設けることもある。

【0097】

電子線照射は、素子電極12、13および／または該素子電極間の基板11に、DC的に照射してもよいし、該電極に印加するパルス電圧に同期させてパルス照射しても良い。

【0098】

このように、本実施形態においては、活性化工程で必要とされていた、素子電極に電気的に接続された導電性膜14や、該導電性膜に第2の間隙16を形成するための通電フォーミングが不要となる。

【0099】

つまり、外部から電子線を照射することによって、第2の間隙16の幅よりも、はるかに広い電極間隔L（数 μ mから数十 μ m）に直接、カーボン膜15および第1の間隙17を配置することができる。また、図21に示した形態の素子においては、前述した第2の間隙16が、電極12、13間の間隔に相当する。そのため、本形態の素子においては、第2の間隙を直線性が高く、その幅（L）の均一性も高く形成できる。

【0100】

よって、図19あるいは図20に示した素子における前述した第2の間隙16の間隔の不均一さ、および素子電極12、13端から第2の間隙16までの距離

の不均一さ（図20参照）に起因する、電子放出素子内の局所的な放出特性ばらつきが軽減される。また、更に、前述した電子線の照射による効果とによって、素子の電子放出効率が向上するとともに、素子の駆動中の特性の変動・劣化を大きく軽減することができる。

【0101】

また、本実施形態によれば、従来の活性化工程で必要とされた、素子電極に電気的に接続された導電性膜14や、該導電性膜に第2の間隙16を形成するための通電フォーミングが不要となるため、素子構成が簡略となり、工程も削減することができる。即ち、安定で高効率な電子放出特性をもつ電子放出素子を効率よく、安価に製造することができる。また、上記電子放出素子を同一基板上に複数個配置してなる電子源、画像形成装置においては、均一性が高く、高効率で安定な特性をもつ電子源、画像形成装置が得られる。

【0102】

また、以上説明した本発明の活性化工程においては、特に、電子放出手段41（61）からの電子線を照射させながら、素子電極12、13間に電圧を印加することが好ましい。つまり、素子電極12、13間に電圧が印加されるている期間中に、電子放出手段からの電子線を照射することが好ましい。この手法によれば、第1の間隙17を形作る炭素および／或いは炭素化合物の堆積初期の結晶化度を、より高いものとすることができます。つまり、従来の活性化方法に比べ、別途、電子放出手段41（61）から照射される高エネルギーの電子が照射されるので、素子電極12、13間に流れる電流（第2の間隙16あるいは形成途中の第1の間隙17近傍から放出される電子）により堆積される炭素および／或いは炭素化合物が、その堆積初期から結晶化度の高いカーボン膜として形成することができる。そのため、例えば、間隙17の幅がより狭く形成でき、特性の優れた素子を形成することが期待できる。

【0103】

（工程E）

上記本発明の活性化工程を経て得られた電子放出素子は、安定化工程を行なうことが好ましい。この工程は、真空容器内の有機物質を排気する工程である。真

空容器を排気する真空排気装置は、装置から発生するオイルが素子の特性に影響を与えないように、オイルを使用しないものを用いるのが好ましい。具体的には、ソープションポンプ、イオンポンプ等の真空排気装置を挙げることができる。

【0104】

前記活性化工程で排気装置として油拡散ポンプやロータリーポンプを用い、これから発生するオイル成分に由来する有機ガスを用いた場合には、この成分の分圧を極力低く抑える必要がある。真空容器内の有機成分の分圧は、上記炭素或いは炭素化合物がほぼ新たに堆積しない分圧で 1×10^{-6} Pa 以下が好ましく、さらには 1×10^{-8} Pa 以下が特に好ましい。さらに真空容器内を排気する時には、真空容器全体を加熱して、真空容器内壁や、電子放出素子に吸着した有機物質分子を排気し易くするのが好ましい。この時の加熱条件は、80～300°C、好ましくは150°C以上で、できるだけ長時間処理するのが望ましいが、特にこの条件に限るものではなく、真空容器の大きさや形状、電子放出素子の構成などの諸条件により適宜選ばれる条件により行なう。真空容器内の圧力は極力低くすることが必要で、 1×10^{-5} Pa 以下が好ましく、さらには 1×10^{-6} Pa 以下が特に好ましい。

【0105】

上記安定化工程を行なった後の駆動時の雰囲気は、上記安定化処理終了時の雰囲気を維持するのが好ましいが、これに限るものではなく、有機物質が十分除去されていれば、圧力自体は多少上昇しても十分安定な特性を維持することができる。このような真空雰囲気を採用することにより、新たな炭素或いは炭素化合物の堆積を抑制でき、結果として素子電流 I_f 、放出電流 I_e が安定する。

【0106】

次に、本発明の電子放出素子の基本特性について説明する。図5はその評価装置の概略図である。この評価装置は、真空装置と素子特性測定装置としての機能を兼ね備えている。図5において、図1に示した部位と同じ部位には図1に付した符号と同一の符号を付している。即ち、11は電子放出素子を構成する基板であり、12及び13は電極、14は導電性膜、100は電子放出部である。尚、便宜上、導電性被膜15は省略した。また、51は、電子放出素子に素子電圧V

f を印加するための電源、50は電極12、13間の導電性膜14を流れる素子電流 I_f を測定するための電流計、54は素子の電子放出部より放出される放出電流 I_e を捕捉するためのアノード電極である。53はアノード電極54に電圧を印加するための高圧電源、52は素子の電子放出部16より放出される放出電流 I_e を測定するための電流計である。本発明では、アノード電極の電圧を1kVとし、アノード電極と電子放出素子との距離Hを2mmとして測定を行った。

【0107】

測定に際しては、まず、新たな炭素あるいは炭素化合物の堆積を抑制するために、真空容器内の有機物質排気を行い、真空容器55を排気する真空排気装置56には、装置から発生するオイルが素子の特性に影響を与えないように、オイルを使用しない真空排気装置、例えばソープションポンプなどを用いる。

【0108】

真空容器55内の有機成分の分圧は、上記の炭素及び炭素化合物がほぼ新たに堆積しない分圧で 1×10^{-8} Pa以下とする。この時、真空容器全体を200°C以上に加熱して、真空容器内壁や、電子放出素子に吸着した有機物質分子を排気しやすくすることが好ましい。

【0109】

図6は、図5の評価装置を用いて測定された本発明の電子放出素子の放出電流 I_e 、素子電流 I_f と素子電圧 V_f の関係を模式的に示した図である。図6においては、放出電流 I_e が素子電流 I_f に比べて著しく小さいので、任意単位で示している。なお、縦・横軸ともリニアスケールである。

【0110】

図6からも明らかなように、本発明の電子放出素子は、放出電流 I_e に関して次の3つの特徴的性質を有する。

【0111】

第1に、本素子はある電圧（しきい値電圧と呼ぶ；図6中の V_{th} ）以上の素子電圧を印加すると急激に放出電流 I_e が増加し、一方しきい値電圧 V_{th} 以下では放出電流 I_e がほとんど検出されない。つまり、放出電流 I_e に対する明確なしきい値電圧 V_{th} を持った非線形素子である。

【0112】

第2に、放出電流 I_e が素子電圧 V_f に単調増加依存するため、放出電流 I_e は素子電圧 V_f で制御できる。

【0113】

第3に、アノード電極 54 (図5参照) に捕捉される放出電荷は、素子電圧 V_f を印加する時間に依存する。つまり、アノード電極 54 に捕捉される電荷量は、素子電圧 V_f を印加する時間により制御できる。

【0114】

以上の説明より理解されるように、本発明の電子放出素子は、入力信号に応じて、電子放出特性を容易に制御できることになる。この性質を利用すると複数の電子放出素子を配して構成した電子源、画像形成装置等、多方面への応用が可能となる。

【0115】

図6においては、素子電流 I_f も素子電圧 V_f に対して単調増加する (M I 特性) 例を示したが、素子電流 I_f が素子電圧 V_f に対して電圧制御型負性抵抗特性 (VCNR特性) を示す場合もある (不図示)。これらの特性は、前述の工程を制御することで制御できる。

【0116】

以上のような本発明の電子放出素子の特徴的特性のため、複数の電子放出素子を配置した電子源は画像形成装置等でも、入力信号に応じて容易に放出電子量を制御することができることとなり、多方面に応用することができる。

【0117】

本発明の電子放出素子の応用例について以下に述べる。本発明の電子放出素子を複数個基板上に配列し、例えば電子源、さらには画像形成装置が構成できる。

【0118】

電子放出素子の配列については、種々のものが採用できる。一例として、並列に配置した多数の電子放出素子の個々を両端で接続し、電子放出素子の行を多数個配し (行方向)、この配線と直交する方向 (列方向) で、該電子放出素子の上方に配した制御電極 (グリッド電極) により、電子放出素子からの電子を制御駆

動する梯子状配置のものがある。これとは別に、電子放出素子をX方向及びY方向に行列状に複数個配し、同じ行に配された複数の電子放出素子の電極の一方をX方向の配線に共通に接続し、同じ列に配された複数の電子放出素子の電極の他方をY方向の配線に共通に接続するものが挙げられる。このような配置はいわゆる単純マトリクス配置である。先ず単純マトリクス配置について以下に詳述する。

【0119】

本発明の電子放出素子については、前述した通り3つの特性がある。即ち、電子放出素子からの放出電子は、しきい値電圧以上では対向する素子電極間に印加するパルス状電圧の波高値と幅で制御できる。一方、しきい値電圧以下では殆ど電子は放出されない。この特性によれば、多数の電子放出素子を配置した場合においても、個々の素子にパルス状電圧を適宜印加すれば、入力信号に応じて、電子放出素子を選択して電子放出量を制御できる。

【0120】

以下、この原理に基づき、本発明の電子放出素子の一実施形態である表面伝導型電子放出素子を複数配置して得られる電子源基板について図12を用いて説明する。図12において、121は電子源基板、122はX方向配線、123はY方向配線である。124は表面伝導型電子放出素子、125は結線である。

【0121】

本のX方向配線122は、 D_{x1} 、 D_{x2} 、…、 D_{xm} からなり、真空蒸着法、印刷法、スパッタ法等を用いて形成された導電性金属等で構成することができる。配線の材料、膜厚、幅は適宜設計される。Y方向配線123は、 D_{y1} 、 D_{y2} 、…、 D_{yn} のn本の配線よりなり、X方向配線122と同様に形成される。これらm本のX方向配線122とn本のY方向配線123との間には、不図示の層間絶縁層が設けられており、両者を電気的に分離している(m、nは共に正の整数)。

【0122】

不図示の層間絶縁層は、真空蒸着法、印刷法、スパッタ法等を用いて形成された SiO_2 等で構成される。例えば、X方向配線122を形成した基板121の全面或いは一部に所望の形状で形成され、特に、X方向配線122とY方向配線

123の交差部の電位差に耐え得るように、膜厚、材料、製法が適宜設定される。X方向配線122とY方向配線123は、それぞれ外部端子として引き出されている。

【0123】

電子放出素子124を構成する一対の素子電極（不図示）は、それぞれm本のX方向配線122とn本のY方向配線123に、導電性金属等からなる結線125によって電気的に接続されている。

【0124】

X方向配線122とY方向配線123を構成する材料、結線125を構成する材料、及び、一対の素子電極を構成する材料は、その構成元素の一部或いは全部が同一であっても、またそれぞれ異なっていても良い。これらの材料は、例えば前述の素子電極の材料より適宜選択される。素子電極を構成する材料と配線材料が同一である場合には、素子電極に接続した配線は素子電極であると言うこともできる。

【0125】

X方向配線122には、X方向に配列した電子放出素子124の行を選択するための走査信号を印加する不図示の走査信号印加手段が接続される。一方、Y方向配線123には、Y方向に配列した電子放出素子124の各列を入力信号に応じて変調するための不図示の変調信号発生手段が接続される。各電子放出素子に印加される駆動電圧は、当該素子に印加される走査信号と変調信号の差電圧として供給される。

【0126】

上記構成においては、単純なマトリクス配線を用いて、個別の素子を選択し、独立に駆動可能とすることができます。

【0127】

このような単純マトリクス配置の電子源を用いて構成した画像形成装置について、図13、図14、及び図15を用いて説明する。図13は画像形成装置の表示パネルの一例を示す模式図であり、図14は図13の画像形成装置に使用される蛍光膜の模式図である。図15はNTSC方式のテレビ信号に応じて表示を行

なうための駆動回路の一例を示すブロック図である。尚、図12に示した部位と同じ部位には同じ符号を付して説明を省略する。尚、便宜上導電性膜14及び導電性被膜15は省略した。

【0128】

図13において、131は電子源基板121を固定したリアプレート、136はガラス基板133の内面に蛍光膜134とメタルバック135等が形成されたフェースプレートである。132は支持棒であり、該支持棒132には、リアプレート131、フェースプレート136がフリットガラス等を用いて接続されている。138は外囲器であり、例えば、400～500℃の温度範囲で10分間以上焼成することで封着して構成される。

【0129】

外囲器138は、上述の如く、フェースプレート136、支持棒132、リアプレート131で構成される。リアプレート131は主に電子源基板121の強度を補強する目的で設けられるため、基板121自体で十分な強度を持つ場合は別体のリアプレート131は不要である。即ち、基板121に直接支持棒132を封着し、フェースプレート136、支持棒132及び基板121で外囲器138を構成しても良い。一方、フェースプレート136とリアプレート131の間に、スペーサーと呼ばれる不図示の支持体を設置することにより、大気圧に対して十分な強度を持つ外囲器138を構成することもできる。

【0130】

図14は、蛍光膜を示す模式図である。蛍光膜134は、モノクロームの場合は蛍光体のみで構成することができる。カラーの蛍光膜の場合は、蛍光体の配列により、ブラックストライプ（図14（a））、或いはブラックマトリクス（図14（b））等と呼ばれる黒色導電材141と蛍光体142とから構成することができる。ブラックストライプ、ブラックマトリクスを設ける目的は、カラー表示の場合、必要となる三原色蛍光体142間の塗り分け部を黒くすることで混色等を目立たなくすることと、蛍光膜134における外光反射によるコントラストの低下を抑制することにある。黒色導電材141の材料としては、通常用いられている黒鉛を主成分とする材料の他、導電性があり、光の透過及び反射が少ない

材料を用いることができる。

【0131】

ガラス基板133に蛍光体を塗布する方法は、モノクローム、カラーによらず、沈殿法や印刷法等が採用できる。蛍光膜134の内面側には、通常メタルバック135が設けられる。メタルバックを設ける目的は、蛍光体の発光のうち内面側への光をガラス基板133側へ鏡面反射することにより輝度を向上させること、電子ビーム加速電圧を印加するための電極として作用させること、外囲器内で発生した負イオンの衝突によるダメージから蛍光体を保護すること等である。メタルバックは、蛍光膜作製後、蛍光膜の内面側表面の平滑化処理（通常、「フィルミング」と呼ばれる）を行ない、その後A1を真空蒸着等を用いて堆積させることで作製できる。

【0132】

また、フェースプレート136には、さらに蛍光膜134の導電性を高めるため、蛍光膜134の外面側に透明電極（不図示）を設けても良い。

【0133】

前述の封着を行なう際、カラーの場合は各色蛍光体と電子放出素子とを対応させる必要があり、十分な位置合わせが不可欠となる。

【0134】

図13に示した画像形成装置は、例えば以下のようにして製造される。

【0135】

外囲器138内は、前述の安定化工程と同様に、適宜加熱しながらイオンポンプ、ソープションポンプ等のオイルを使用しない排気装置により不図示の排気管を通じて排気し、 1×10^{-5} Pa程度の真空中の有機物質の十分に少ない雰囲気とした後、封止がなされる。外囲器138の封止後の真空中度を維持するために、ゲッター処理を行なうこともある。これは、外囲器138の封止を行なう直前或いは封止後に、抵抗加熱或いは高周波加熱等を用いた加熱により、外囲器138内の所定の位置に配置されたゲッター（不図示）を加熱し、蒸着膜を形成する処理である。ゲッターは通常Ba等が主成分であり、該蒸着膜の吸着作用により、例えば 1×10^{-5} Pa以上の真空中度を維持するものである。

【0136】

次に、単純マトリクス配置の電子源を用いて構成した表示パネルに、NTSC方式のテレビ信号に基づいたテレビジョン表示を行なうための駆動回路の構成例について、図15を用いて説明する。図15において、151は表示パネル、152は走査回路、153は制御回路、154はシフトレジスタ、155はラインメモリ、156は同期信号分離回路、157は変調信号発生器、Vx及びVaは直流電圧源である。

【0137】

表示パネル151は、端子D_{x1}～D_{xm}、端子D_{y1}～D_{yn}及び高圧端子137を介して外部の電気回路と接続している。端子D_{x1}～D_{xm}には表示パネル151内に設けられた電子源、即ちm行n列の行列状にマトリクス配線された電子放出素子群を1行（n素子）ずつ順次駆動するための走査信号が印加される。端子D_{y1}～D_{yn}には、前記走査信号により選択された1行の電子放出素子の各素子の出力電子ビームを制御するための変調信号が印加される。高圧端子137には、直流電圧源Vaより、例えば10kVの直流電圧が供給されるが、これは電子放出素子から放出される電子ビームに、蛍光体を励起するのに十分なエネルギーを付与するための加速電圧である。

【0138】

次に走査回路152について説明する。同回路は、内部にm個のスイッチング素子（図15中、S₁～S_mで模式的に示す）を備えたものである。各スイッチング素子は、直流電圧源Vxの出力電圧もしくは0[V]（グランドレベル）のいずれか一方を選択し、表示パネル151の端子D_{x1}～D_{xm}と電気的に接続される。各スイッチング素子S₁～S_mは、制御回路153が outputする制御信号T_{scan}に基づいて動作するものであり、例えばFETのようなスイッチング素子を組み合わせることにより構成することができる。

【0139】

直流電圧源Vxは、電子放出素子の特性（電子放出しきい値電圧）に基づき、走査されていない素子に印加される駆動電圧が電子放出しきい値電圧以下となるような一定電圧を出力するように設定されている。

【0140】

制御回路153は、外部より入力される画像信号に基づいて適切な表示が行なわれるよう、各部の動作を整合させる機能を有する。制御回路153は、同期信号分離回路156より送られる同期信号 T_{sync} に基づいて、各部に対して T_{sc} _{an}、 T_{sft} 及び T_{mry} の各制御信号を発生する。

【0141】

同期信号分離回路156は、外部から入力されるNTSC方式のテレビ信号から、同期信号成分と輝度信号成分とを分離するための回路で、一般的な周波数分離（フィルタ）回路等を用いて構成できる。同期信号分離回路156により分離された同期信号は、垂直同期信号と水平同期信号となるが、ここでは説明の便宜上 T_{sync} 信号として図示した。前記テレビ信号から分離された画像の輝度信号成分は、便宜上DATA信号と表わした。このDATA信号は、シフトレジスタ154に入力される。

【0142】

シフトレジスタ154は、時系列的にシリアルに入力される前記DATA信号を、画像の1ライン毎にシリアル／パラレル変換するためのもので、前記制御回路153より送られる制御信号 T_{sft} に基づいて動作する（即ち、制御信号 T_{sft} はシフトレジスタ154のシフトクロックであると言い換えても良い）。シリアル／パラレル変換された画像1ライン分のデータ（電子放出素子n素子分の駆動データに相当）は、 $I_{d1} \sim I_{dn}$ のn個の並列信号として前記シフトレジスタ154より出力される。

【0143】

ラインメモリ155は、画像1ライン分のデータを必要時間の間だけ記憶するための記憶装置であり、制御回路153より送られる制御信号 T_{mry} に従って便宜 $I_{d1} \sim I_{dn}$ の内容を記憶する。記憶された内容は、 $I_{d'1} \sim I_{d'n}$ として出力され、変調信号発生器157に入力される。

【0144】

変調信号発生器157は、画像データ $I_{d'1} \sim I_{d'n}$ の各々に応じて、電子放出素子の各々を適切に駆動変調するための信号源であり、その出力信号は、端子

$D_{y1} \sim D_{yn}$ を通じて表示パネル151内の電子放出素子に印加される。

【0145】

前述したように、本発明の電子放出素子は放出電流 I_e に関して以下の基本特性を有している。即ち、電子放出には明確なしきい値電圧 V_{th} があり、 V_{th} 以上の電圧が印加された時のみ電子放出が生じる。電子放しきい値以上の電圧に対しては、素子への印加電圧の変化に応じて放出電流も変化する。このことから、本素子にパルス状の電圧を印加する場合、例えば電子放しきい値電圧以下の電圧を印加しても電子放出を生じないが、電子放しきい値電圧以上の電圧を印加する場合には電子ビームが出力される。その際、パルスの波高値 V_m を変化させることにより、出力電子ビームの強度を制御することが可能である。また、パルスの幅 P_w を変化させることにより、出力される電子ビームの電荷の総量を制御することが可能である。

【0146】

従って、入力信号に応じて電子放出素子を変調する方式としては、電圧変調方式とパルス幅変調方式等が採用できる。電圧変調方式を実施するに際しては、変調信号発生器157としては、一定長さの電圧パルスを発生し、入力されるデータに応じて適宜電圧パルスの波高値を変調できるような電圧変調方式の回路を用いることができる。パルス幅変調方式を実施するに際しては、変調信号発生器157として、一定の波高値の電圧パルスを発生し、入力されるデータに応じて適宜電圧パルスの幅を変調するようなパルス幅変調方式の回路を用いることができる。

【0147】

シフトレジスタ154やラインメモリ155は、デジタル信号式のものでもアナログ信号式のものでも採用できる。画像信号のシリアル／パラレル変換や記憶が所定の速度で行なわれれば良いからである。

【0148】

デジタル信号式を用いる場合には、同期信号分離回路156の出力信号DAT Aをデジタル信号化する必要があるが、これには同期信号分離回路156の出力部にA／D変換器を設ければ良い。これに関連してラインメモリ155の出力信

号がデジタル信号かアナログ信号かにより、変調信号発生器157に用いられる回路が若干異なったものとなる。即ち、デジタル信号を用いた電圧変調方式の場合、変調信号発生器157には、例えばD/A変換回路を用い、必要に応じて増幅回路等を付加する。パルス幅変調方式の場合、変調信号発生器157には、例えば高速の発振器及び発振器の出力する波数を計数する計数器（カウンタ）及び計数器の出力値と前記メモリの出力値を比較する比較器（コンパレータ）を組み合わせた回路を用いる。必要に応じて、比較器の出力するパルス幅変調された変調信号を電子放出素子の駆動電圧にまで電圧増幅するための増幅器を付加することもできる。

【0149】

アナログ信号を用いた電圧変調方式の場合、変調信号発生器157には、例えばオペアンプ等を用いた増幅回路を採用でき、必要に応じてレベルシフト回路等を付加することもできる。パルス幅変調方式の場合には、例えば電圧制御型発振回路（VCO）を採用でき、必要に応じて電子放出素子の駆動電圧にまで電圧増幅するための増幅器を付加することもできる。

【0150】

このような構成を取り得る本発明の画像形成装置においては、各電子放出素子に、容器外端子D_{x1}～D_{xm}、D_{y1}～D_{yn}を介して電圧を印加することにより、電子放出が生じる。同時に高圧端子137を介してメタルバック135或いは透明電極（不図示）に高電圧を印加し、電子ビームを加速する。加速された電子は、蛍光膜134に衝突し、発光が生じて画像が形成される。

【0151】

ここで述べた画像形成装置の構成は、本発明の画像形成装置の一例であり、本発明の技術思想に基づいて種々の変形が可能である。入力信号についてはNTSC方式を挙げたが、入力信号はこれに限られるものではなく、PAL、SECAM方式等の他、これらよりも多数の走査線からなるテレビジョン信号（例えば、MUSE方式をはじめとする高品位TV）方式も採用できる。

【0152】

次に、前述の梯子状配置の電子源及び画像形成装置について、図16及び図1

7を用いて説明する。

【0153】

図16は、梯子状配置の電子源の一例を示す模式図である。図16において、160は電子源基板、161は電子放出素子である。162は電子放出素子161を接続するための共通配線D₁～D₁₀であり、これらは外部端子として引き出されている。電子放出素子161は基板160上に、X方向に並列に複数個配置されている（これを素子行と呼ぶ）。この素子行が複数行配置されて電子源を構成している。各素子行の共通配線間に駆動電圧を印加することで、各素子行を独立に駆動させることができる。即ち、電子ビームを放出させたい素子行には電子放出しきい値以上の電圧を印加し、電子ビームを放出させたくない素子行には電子放出しきい値以下の電圧を印加する。各素子行間に位置する共通配線D₂～D₉は、例えばD₂とD₃を一体の同一配線とすることもできる。

【0154】

図17は、梯子状配置の電子源を備えた画像形成装置におけるパネル構造の一例を示す模式図である。170はグリッド電極、171は電子が通過するための開口、D₁～D_mは容器外端子、G₁～G_nはグリッド電極170に接続された容器外端子である。160は各素子行間の共通配線を同一配線とした電子源基板である。図17においては、図13、図16に示した部位と同じ部位には同一の符号を付した。尚、便宜上導電性膜14及び導電性被膜15は省略した。ここに示した画像形成装置と、図13に示した単純マトリクス配置の画像形成装置との大きな違いは、電子源基板160とフェースプレート136の間にグリッド電極170を備えているか否かである。

【0155】

図17においては、基板160とフェースプレート136の間に、グリッド電極170が設けられている。グリッド電極170は、電子放出素子161から放出された電子ビームを変調するためのものであり、梯子状配置の素子行と直交して設けられたストライプ状の電極に電子ビームを通過させるため、各素子に対応して1個ずつ円形の開口171が設けられている。グリッド電極の形状や配置は、図17に示したものに限定されるものではない。例えば、開口としてメッシ

ュ状に多数の通過口を設けることもでき、グリッド電極を電子放出素子の周囲や近傍に設けることもできる。

【0156】

容器外端子D₁～D_m及びG₁～G_nは不図示の制御回路に接続されている。そして素子行を1列ずつ順次駆動（走査）していくのと同期してグリッド電極列に画像1ライン分の変調信号を同時に印加する。これにより、各電子ビームの蛍光体への照射を制御し、画像を1ラインずつ表示することができる。

【0157】

以上説明した本発明の画像形成装置は、テレビジョン放送の表示装置、テレビ会議システムやコンピュータ等の表示装置の他、感光性ドラム等を用いて構成された光プリンタとしての画像形成装置等としても用いることができる。

【0158】

図18は、例えばテレビジョン放送をはじめとする種々の画像情報源より提供される画像情報を表示できるように構成した本発明の画像形成装置の一例を示す図である。

【0159】

図中、1700はディスプレイパネル、1701はディスプレイパネルの駆動回路、1702はディスプレイコントローラ、1703はマルチプレクサ、1704はデコーダ、1705は入出力インターフェース回路、1706はCPU、1707は画像生成回路、1708～1710は画像メモリインターフェース回路、1711は画像入力インターフェース回路、1712及び1713はTV信号受信回路、1714は入力部である。

【0160】

尚、本画像形成装置は、例えばテレビジョン信号のように、映像情報と音声情報の両方を含む信号を受信する場合には当然映像の表示と同時に音声を再生するものであるが、本発明の特徴と直接関係しない音声情報の受信、分離、再生、処理、記憶等に関する回路やスピーカー等については説明を省略する。

【0161】

以下、画像信号の流れに沿って各部の機能を説明する。

【0162】

先ず、TV信号受信回路1713は、例えば電波や空間光通信等のような無線伝送系を用いて伝送されるTV信号を受信するための回路である。受信するTV信号の方式は特に限られるものではなく、例えばNTSC方式、PAL方式、SECAM方式等、いずれの方式でも良い。また、これらよりさらに多数の走査線よりなるTV信号、例えばMUSE方式をはじめとするいわゆる高品位TV信号は、大面積化や大画素数化に適した前記ディスプレイパネルの利点を生かすのに好適な信号源である。

【0163】

上記TV信号受信回路1713で受信されたTV信号は、デコーダ1704に出力される。

【0164】

また、TV信号受信回路1712は、例えば同軸ケーブルや光ファイバ等のような有線伝送系を用いて伝送されるTV信号を受信するための回路である。前記TV信号受信回路1713と同様に、受信するTV信号の方式は特に限られるものではなく、また本回路で受信されたTV信号もデコーダ1704に出力される。

【0165】

画像入力インターフェース回路1711は、例えばTVカメラや画像読み取りスキャナーなどの画像入力装置から供給される画像信号を取り込むための回路で、取り込まれた画像信号はデコーダ1704に出力される。

【0166】

画像メモリインターフェース回路1710は、ビデオテープレコーダ（以下「VTR」と称する）に記憶されている画像信号を取り込むための回路で、取り込まれた画像信号はデコーダ1704に出力される。

【0167】

画像メモリインターフェース回路1709は、ビデオディスクに記憶されている画像信号を取り込むための回路で、取り込まれた画像信号はデコーダ1704に出力される。

【0168】

画像メモリインターフェース回路1708は、静止画ディスクのように、静止画像データを記憶している装置から画像信号を取り込むための回路で、取り込まれた静止画像データはデコーダ1704に入力される。

【0169】

入出力インターフェース回路1705は、本画像表示装置と、外部のコンピュータ、コンピュータネットワークもしくはプリンタなどの出力装置とを接続するための回路である。画像データや文字・図形情報の入出力や、場合によっては本画像形成装置の備えるCPU1706と外部との間で制御信号や数値データの入出力などを行なうことも可能である。

【0170】

画像生成回路1707は、前記入出力インターフェース回路1705を介して外部から入力される画像データや文字・図形情報や、或いはCPU1706より出力される画像データや文字・図形情報に基づき、表示用画像データを生成するための回路である。本回路の内部には、例えば画像データや文字・図形情報を蓄積するための書き換え可能メモリや、文字コードに対応する画像パターンが記憶されている読み出し専用メモリや、画像処理を行なうためのプロセッサ等をはじめとして、画像の生成に必要な回路が組み込まれている。

【0171】

本回路により生成された表示用画像データは、デコーダ1704に出力されるが、場合によっては前記入出力インターフェース回路1705を介して外部のコンピュータネットワークやプリンタに出力することも可能である。

【0172】

CPU1706は、主として本画像表示装置の動作制御や、表示画像の生成や選択、編集に関わる作業を行なう。

【0173】

例えば、マルチプレクサ1703に制御信号を出力し、ディスプレイパネルに表示する画像信号を適宜選択したり組み合わせたりする。その際には表示する画像信号に応じてディスプレイパネルコントローラ1702に対して制御信号を発

生し、画面表示周波数や走査方法（例えばインターレースかノンインターレースか）や一画面の走査線の数など表示装置の動作を適宜制御する。また、前記画像生成回路1707に対して画像データや文字・図形情報を直接出力したり、或いは前記入出力インターフェース回路1705を介して外部のコンピュータやメモリをアクセスして画像データや文字・図形情報を入力する。

【0174】

尚、CPU1706は、これ以外の目的の作業にも関わるものであっても良い。例えば、パーソナルコンピュータやワードプロセッサ等のように、情報を生成したり処理する機能に直接関わっても良い。或いは前述したように、入出力インターフェース回路1705を介して外部のコンピュータネットワークと接続し、例えば数値計算等の作業を外部機器として共同して行なっても良い。

【0175】

入力部1714は、前記CPU1706に使用者が命令やプログラム、或いはデータなどを入力するためのものであり、例えばキーボードやマウスの他、ジョイスティック、バーコードリーダー、音声認識装置等の多様な入力機器を用いることが可能である。

【0176】

デコーダ1704は、前記1707～1713より入力される種々の画像信号を3原色信号、または輝度信号とI信号、Q信号に逆変換するための回路である。尚、図中に点線で示すように、デコーダ1704は内部に画像メモリを備えていることが望ましい。これは、例えばMUSE方式をはじめとして、逆変換する際に画像メモリを必要とするようなテレビ信号を扱うためである。また、画像メモリを備えることにより、静止画像の表示が容易になる。或いは前記画像生成回路1707及びCPU1706と共同して、画像の間引き、補完、拡大、縮小、合成をはじめとする画像処理や編集が容易になるという利点が得られる。

【0177】

マルチプレクサ1703は、前記CPU1706より入力される制御信号に基づき、表示画像を適宜選択するものである。即ち、マルチプレクサ1703はデコーダ1704から入力される逆変換された画像信号の内から所望の画像信号を

選択して駆動回路1701に出力する。その場合には、一画面表示時間内で画像信号を切り換えて選択することにより、いわゆる多画面テレビのように、一画面を複数の領域に分けて領域によって異なる画像を表示することも可能である。

【0178】

ディスプレイパネルコントローラ1702は、前記CPU1706より入力される制御信号に基づき、駆動回路1701の動作を制御するための回路である。

【0179】

ディスプレイパネルの基本的な動作に関わるものとして、例えばディスプレイパネルの駆動用電源（不図示）の動作シーケンスを制御するための信号を駆動回路1701に対して出力する。ディスプレイパネルの駆動方法に関わるものとして、例えば画面表示周波数や走査方法（例えばインターレースかノンインターレースか）を制御するための信号を駆動回路1701に対して出力する。また、場合によっては、表示画像の輝度やコントラストや色調やシャープネスといった画質の調整に関わる制御信号を駆動回路1701に対して出力する場合もある。

【0180】

駆動回路1701は、ディスプレイパネル1700に印加する駆動信号を発生するための回路であり、前記マルチプレクサ1703から入力される画像信号と、前記ディスプレイパネルコントローラ1702より入力される制御信号に基づいて動作するものである。

【0181】

以上、各部の機能を説明したが、図18に例示した構成により、本画像形成装置においては、多様な画像情報源より入力される画像情報をディスプレイパネル1700に表示することが可能である。即ち、テレビジョン放送をはじめとする各種の画像信号は、デコーダ1704において逆変換された後、マルチプレクサ1703において適宜選択され、駆動回路1701に入力される。一方、ディスプレイコントローラ1702は、表示する画像信号に応じて駆動回路1701の動作を制御するための制御信号を発生する。駆動回路1701は、上記画像信号と制御信号に基づいてディスプレイパネル1700に駆動信号を印加する。これにより、ディスプレイパネル1700において画像が表示される。これらの一連

の動作は、CPU1706により統括的に制御される。

【0182】

本画像形成装置においては、前記デコーダ1704に内蔵する画像メモリや、画像生成回路1707及び情報の中から選択したものを表示するだけでなく、表示する画像情報に対して、例えば拡大、縮小、回転、移動、エッジ強調、間引き、補完、色変換、画像の縦横比変換等をはじめとする画像処理や、合成、消去、接続、入れ替え、嵌め込み等をはじめとする画像編集を行なうことも可能である。また、上記画像処理や画像編集と同様に、音声情報に関する処理や編集を行なうための専用回路を設けても良い。

【0183】

従って、本画像形成装置は、テレビジョン放送の表示機器、テレビ会議の端末機器、静止画像及び動画像を扱う画像編集機器、コンピュータの端末機器、ワードプロセッサをはじめとする事務用端末機器、ゲーム器などの機能を一台で兼ね備えることが可能で、産業用或いは民生用として極めて応用範囲が広い。

【0184】

尚、図18は、電子放出素子を電子ビーム源とする表示パネルを用いた画像形成装置とする場合の構成の一例を示したに過ぎず、本発明の画像形成装置がこれのみに限定されるものでないことは言うまでもない。

【0185】

例えば、図18の構成要素の内、使用目的上必要のない機能に関わる回路は省いてもさしつかえない。また、これとは逆に、使用目的によってはさらに構成要素を追加しても良い。例えば、本画像表示装置をテレビ電話機として応用する場合には、テレビカメラ、音声マイク、照明器、モデムを含む送受信回路等を構成要素に追加するのが好適である。

【0186】

本画像形成装置においては、電子放出素子を電子源としているので、ディスプレイパネルの薄型化が容易なため、画像形成装置の奥行きを小さくすることができる。それに加えて、電子放出素子を電子ビーム源とする表示パネルは大画面化が容易で輝度が高く、視野角特性にも優れるため、画像形成装置は、臨場感にあ

ふれ、迫力に富んだ画像を視認性良く表示することが可能である。

【0187】

【実施例】

(実施例1)

本発明の実施例1として、図1の構成の電子放出素子を作製した。図1、図2を用いて本実施例を説明する。基板11としては石英ガラスを用い、素子電極の材料としては、耐温度安定性、及び耐酸化安定性を考慮してPtを用いた。また、導電性膜14の膜厚は、素子電極12、13間の抵抗値等を考慮して、ここでは30nmとした。本例では、Lは20μm、Wは100μm、膜厚dは10nmとした。

【0188】

導電性膜14は、電極12、13を設けた基板11に、有機Pd溶液(奥野製薬(株)製「CCP-4230」)を塗布して、有機金属膜を形成し、加熱焼成処理してバターニングして形成した(図2(a), (b))。

【0189】

次いで、図3に示される三角波パルスを、波高値を一定として連続的に印加した。尚、図3においてパルス幅T₁は100μsec、パルス間隔T₂は1msecに設定し、三角波の波高値は10Vに設定した。以上の条件のもと、600秒間パルス電圧を印加して第2の間隙16を形成した(図2(c))。

【0190】

次いで、上記素子に活性化処理を施した。具体的には、上記素子を形成した基板を図4の装置に設置し、イオンポンプなどにより一旦十分に排気した真空中に、有機物質気体としてアセトンを導入し、 1×10^{-5} Paに保持し、第2の間隙16形成時と同じ三角波パルスを印加すると同時に、加速電圧を20kVとして電子線を照射した。ただし、上記三角波パルスのパルス幅は1msec、パルス間隔は10msec、パルス波高値は15Vとした。

【0191】

上記活性化処理、即ちカーボン膜15の形成工程は、所定の素子電流I_fに到達するまで行った。得られた素子の断面を透過型電子顕微鏡で観察した結果、そ

の膜厚は、間隙17近傍において50nmであった。また、カーボン膜15は、図2(d)に示すように第1の間隙17をおいて対向して配置されていた。さらには、第1の間隙17は、前記第2の間隙16よりも幅が狭く、第2の間隙16内に第1の間隙17が配されていた。また、ラマン分光等の観察を行った結果、カーボン膜15はグラファイト構造を含み、高い結晶性を有していた。

【0192】

また、同素子を、原子間力顕微鏡のプローブを導電性にし、試料にプローブを接触させて試料の導電性分布を測定できるようにした原子間力/トンネル顕微鏡で観察した結果、カーボン膜15には、高抵抗な領域が存在しないことが分かった。また、この測定の際、プローブを導電性膜14上に配されたカーボン膜15に接触させて測定を行った。膜厚方向への比抵抗を見積もった結果、0.001Ωm以下であった。この値は、電子照射をせずにカーボン膜15を形成した場合に測定される値と比較すると、一桁以上の変化を示していた。

【0193】

上記素子基板を図5の評価装置に設置し、アノード電極の電圧を1kVとし、アノード電極と電子放出素子との距離Hを2mmとして電子放出特性の測定を行った。

【0194】

まず、新たな炭素あるいは炭素化合物の堆積を抑制するために、真空容器内の有機物質排気を行った。真空容器55を排気する真空排気装置56には、装置から発生するオイルが素子の特性に影響を与えないように、オイルを使用しない真空排気装置としてソープションポンプを用いた。真空容器55内の有機成分の分圧は、上記の炭素及び炭素化合物がほぼ新たに堆積しない分圧で 1×10^{-8} Pa以下にした。この時、真空容器全体を200°C以上で加熱して、真空容器内壁や、電子放出素子に吸着した有機物質分子を排気しやすくした。

【0195】

その結果、図6に示される素子電流 I_f 及び放出電流 I_e の関係が得られた。また、 V_f を15V、 V_a を1kVに固定して、電子放出をさせた状態で、 I_f に対する I_e の割合としての電子放出効率 η を定義して、 η の時間変化を測定した。

【0196】

その結果、まず初期電子放出効率が0.05%以上向上した。更に η の時間変化は、従来の製造方法によって製造された電子放出素子と比較して著しく抑制された。従来の素子では、初期 η が0.1%の場合、0.01%／1000h (hは時間)の割合で η の上昇が見られたのに対し、本発明の製造方法では、 η の変化の割合が、1/5以下に抑えられた。

【0197】

(実施例2)

本発明の第2の実施例として、図7に示した構成の電子源を図9に示した活性化処理を経て作製した。

【0198】

基本的な構成、素材、製法は、実施例1と同様であるが、L1は5 μ m、Wは100 μ m、電極の膜厚は10nmとした。また、共通素子電極の幅L2は5 μ mとした。

【0199】

電子放出部を形成するまでは実施例1と同様にして、素子を形成した。次いで、共通素子電極を接地電位とし、素子電極73、74に図8のパルス電圧を印加して活性化処理を施した。本例では、有機物質としてアセトンを導入し、 1×10^{-5} Paに保持した。印加パルス電圧の条件は、パルス幅 t_1 を1msec、パルス電圧を15V、パルス間隔 t_2 を20msecとした。導電性被膜76、78の形成は、所定の素子電流 I_f に到達するまで行った。

【0200】

得られた素子の断面を透過型電子顕微鏡で観察した結果、カーボン膜76、78の膜厚は、電子放出部を構成する第1の間隙17近傍において50nmであった。また、得られた電子放出素子を、透過型電子顕微鏡、及びラマン分光等の観察を行った結果、カーボン膜76、78は、グラファイト構造を含み、高い結晶性を有していた。

【0201】

さらに、同素子を、実施例1と同様にして原子間力顕微鏡のプローブを導電性

にし、試料の導電性分布を測定できるようにした原子間力／トンネル顕微鏡で観察した結果、カーボン膜76, 78には高抵抗な領域が存在しないことが分かった。また、膜厚方向への比抵抗を見積もった結果、 $0.0001 \Omega \text{ m}$ 以下であった。この値は、電子照射をせずにカーボン膜を形成した場合に測定される値と比較すると、二桁以上の変化を示していた。

【0202】

上記のように作成された電子放出素子の特性を、図5の評価装置中に設置して、電子放出特性を調べた。ただし、駆動は、一つの電子放出部に対してのみ行った。共通素子電極側を高電位にし、常に共通素子電極側に電子が放出されるようにした。また、 V_f を15V、 V_a を1kVに固定して電子放出をさせた状態で、 I_f に対する I_e の割合としての電子放出効率 η を定義して、 η の時間変化を測定した。

【0203】

その結果、まず初期電子放出効率が0.1%以上向上した。更に、 η の時間変化は、従来の製造方法によって製造された電子放出素子と比較して著しく抑制された。従来の素子では、初期 η が0.1%の場合、 $0.01\% / 1000 \text{ h}$ (hは時間)の割合で η の上昇が見られたのに対し、本発明の製造方法では、 η の変化の割合が、 $1 / 10$ 以下に抑えられた。

【0204】

(実施例3)

本実施例では、図21の構成の電子放出素子を作製した。図21、図22、図23を用いて本実施例を説明する。基板11としては石英ガラスを用い、素子電極12, 13の材料としては、耐温度安定性、及び耐酸化安定性を考慮してPtを用いた。

【0205】

次いで、上記素子に活性化プロセスを施した。

具体的には、上記素子電極12, 13を形成した基板を図23の装置に設置し、イオンポンプなどにより一旦十分に排気した真空中に、有機物質気体としてアセトンを導入し、 $1 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ に保持し、上記電極12, 13間に図8(a)に

示すパルスを印加した。図8 (a) における t_1 は1 msec、 t_2 は10 msecとした。同時に、加速電圧を2 kVとして電子線を照射した。

【0206】

上記カーボン膜15の形成工程は、所定の素子電流 I_f に到達するまで行った。得られた素子の断面を透過型電子顕微鏡で観察した結果、電極12、13間に は 、図21に示すように第1の間隙17が形成され、電極12、13の上までカーボン膜15が連続して形成されていた。間隙17は、電極12、13のほぼ中央に位置していた。また、ラマン分光等の観察を行った結果、カーボン膜15はグラファイト状の層構造を含み、高い結晶性を有していた。

【0207】

上記素子基板を図5の評価装置に設置し、アノード電極の電圧を1 kVとし、アノード電極と電子放出素子との距離 H を2 mmとして電子放出特性の測定を行った。

【0208】

まず、新たな炭素あるいは炭素化合物の堆積を抑制するために、真空容器内の有機物質排気を行った。真空容器65を排気する真空排気装置66には、装置から発生するオイルが素子の特性に影響を与えないように、オイルを使用しない真空排気装置としてソープションポンプを用いた。真空容器65内の有機成分の分圧は、上記の炭素及び炭素化合物がほぼ新たに堆積しない分圧で $1 \times 10^{-8} \text{ Pa}$ 以下にした。この時、真空容器全体を200°C以上で加熱して、真空容器内壁や、電子放出素子に吸着した有機物質分子を排気しやすくした。

【0209】

その結果、図6に示される素子電流 I_f 及び放出電流 I_e の関係が得られた。また、 V_f を15 V、 V_a を1 kVに固定して、電子放出をさせた状態で、 I_f に対する I_e の割合としての電子放出効率 η を定義して、 I_f 、 I_e 、 η の初期値、そのばらつき、および経時変化を測定した。

【0210】

(実施例4)

本実施例においては、実施例3の製造方法を用いて、図13に示した画像形成

装置138を作成した。尚、本実施例では、基板121がリアプレート131を兼ねている。

【0211】

まず、ガラス基板121上に、素子電極12、13をX方向に500組、Y方向に1000組オフセット印刷法を用い、形成した（図24（a））。続いて、上記電極12に接続するX方向配線122を500本、スクリーン印刷法により形成した（図24（b））。前記X方向配線に実質的に垂直な方向に絶縁層126を1000本スクリーン印刷法により形成した（図24（c））。絶縁層126上に、電極13と接続するようにY方向配線123を1000本形成した（図25（d））。そして、実施例3と同様に、図23に示したように、それぞれの素子電極12、13間に電子放出手段61からDC的に電子線を照射しながら、それぞれの素子電極12、13間に電圧を印加し、カーボン膜15を形成した（図25（e）、図23）。以上の工程により電子源が形成された。

【0212】

続いて、上記電子源と、画像形成部材である蛍光体142が図14（a）に示されるように配置されたフェースプレート136との位置合わせを行い、電子源とフェースプレートとの間に接合部材が予め配置された外枠132を配置し、真空雰囲気中で加熱加圧することで、封着を行った。

【0213】

以上の工程により、画像形成装置138を形成した。
この画像形成装置を、図15に示した駆動回路に接続し、駆動したところ、高輝度で均一性の高い画像が長期に渡って安定に表示することができた。

【0214】

（実施例5）

本実施例においては、実施例1の製造方法を用いて、図13に示した画像形成装置138を作成した。尚、本実施例では、基板121がリアプレート131を兼ねている。

【0215】

まず、ガラス基板121上に、素子電極12、13をX方向に500組、Y方

向に1000組オフセット印刷法を用い、形成した（図24（a））。続いて、上記電極12に接続するX方向配線122を500本、スクリーン印刷法により形成した（図24（b））。前記X方向配線に実質的に垂直な方向に絶縁層126を1000本スクリーン印刷法により形成した（図24（c））。絶縁層126上に、電極13と接続するようにY方向配線123を1000本形成した（図26（d））。各素子電極12、13間にインクジェット法を用いて、導電性膜14を形成した（図26（e））。そして、実施例1と同様に、各素子電極12、13間に電圧を印加しフォーミング工程を行い、第二の間隙16を形成した（図26（f））。そして、図2、図4に示したように、それぞれの素子電極12、13間に電子放出手段41からDC的に電子線を照射しながら、それぞれの素子電極12、13間に電圧を印加し、カーボン膜15を形成した。以上の工程により電子源が形成された。

【0216】

続いて、上記電子源と、画像形成部材である蛍光体142が図14（a）に示されるように配置されたフェースプレート136との位置合わせを行い、電子源とフェースプレートとの間に接合部材が予め配置された外枠132を配置し、真空雰囲気中で加熱加圧することで、封着を行った。

【0217】

以上の工程により、画像形成装置138を形成した。
この画像形成装置を、図15に示した駆動回路に接続し、駆動したところ、高輝度で均一性の高い画像が長期に渡って安定に表示することができた。

【0218】

【発明の効果】

本発明の電子放出素子の製造方法によれば、炭素を主成分とするカーボン膜を十分な電子を照射しながら形成できるので、良質な構造を有し、低抵抗で、均一性の高い物性を持つカーボン膜を形成することができる。従って、初期電子放出効率が向上し、更に、駆動時に電子放出部から放出される電子がカーボン膜に照射されても、該カーボン膜の物性の変化が起きにくくなり、電子放出効率が変化しない安定な素子が製造できるようになった。

【0219】

よって、本発明によれば、高い電子放出特性が安定して且つ均一に得られる電子源が提供され、該電子源を用いて、高輝度で信頼性の高い画像形成装置が実現する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の電子放出素子の好ましい一実施形態の構成を示す模式図である。

【図2】

図1の電子放出素子の製造工程を示す模式図である。

【図3】

本発明の電子放出素子の電子放出部の形成に用いられる電圧波形を示す図である。

【図4】

本発明の電子放出素子の製造方法の活性化工程で用いられる、電子照射手段を示す模式図である。

【図5】

本発明の電子放出素子の電子放出特性を評価するための評価装置の概略図である。

【図6】

本発明の電子放出素子における、放出電流 I_e 、素子電流 I_f と素子電圧 V_f の関係を示す図である。

【図7】

本発明の電子源の好ましい一実施形態の構成を示す図である。

【図8】

図7の電子源の活性工程に用いる電圧波形を示す図である。

【図9】

図7の電子源の活性化工程における電子線の軌跡を表す模式図である。

【図10】

本発明の電子源の活性化工程に用いる電圧波形の他の例を示す図である。

【図11】

従来の電子放出素子を示す模式図である。

【図12】

本発明の電子源の一実施形態の単純マトリクス配置の電子源を示す概略的構成図である。

【図13】

単純マトリクス配置の電子源を用いた本発明の画像形成装置の一実施形態に用いる表示パネルの概略的構成図である。

【図14】

図13に示した表示パネルにおける蛍光膜を示す図である。

【図15】

図8に示した表示パネルを駆動する駆動回路の一例を示す図である。

【図16】

本発明の電子源の一実施形態の梯子状配置の電子源を示す概略的構成図である

【図17】

梯子状配置の電子源を用いた本発明の画像形成装置の一実施形態に用いる表示パネルの概略的構成図である。

【図18】

本発明の画像形成装置の一例を示すブロック図である。

【図19】

本発明の電子放出素子の製造方法の一例を示す模式図である。

【図20】

本発明の課題の一つを示す模式図である。

【図21】

本発明の電子放出素子の一例を示す模式図である。

【図22】

本発明の電子放出素子の製造方法の一例を示す模式図である。

【図23】

本発明の電子放出素子の製造方法の一例を示す模式図である。

【図24】

本発明の製造方法の一例を示す模式図である。

【図25】

本発明の製造方法の一例を示す模式図である。

【図26】

本発明の製造方法の一例を示す模式図である。

【符号の説明】

- 1 1 基板
- 1 2、 1 3 素子電極
- 1 4 導電性膜
- 1 5 カーボン膜
- 1 6 第2の間隙
- 1 7 第1の間隙
- 4 1 電子線照射手段
- 4 2 電子線遮蔽手段
- 5 0 電流計
- 5 1 電源
- 5 2 電流計
- 5 3 高圧電源
- 5 4 アノード電極
- 5 5 真空容器
- 5 6 真空排気装置
- 6 1 電子放出手段
- 6 2 ピンホール
- 6 3 電子線遮断手段
- 7 1 基板
- 7 2 共通素子電極
- 7 3、 7 4 素子電極

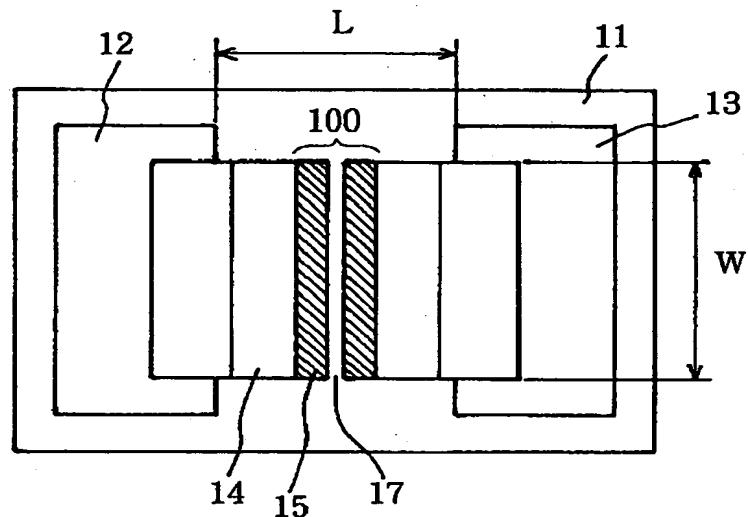
75、77 導電性膜
76、78 導電性被膜
79、80、100 電子放出部
111 基板
114 導電性膜
115 電子放出部
121 電子源基板
122 X方向配線
123 Y方向配線
124 表面伝導型電子放出素子
125 結線
126 絶縁層
131 リアプレート
132 支持棒
133 ガラス基板
134 螢光膜
135 メタルバック
136 フェースプレート
137 高圧端子
138 外囲器
141 黒色導電材
142 螢光体
151 表示パネル
152 走査回路
153 制御回路
154 シフトレジスタ
155 ラインメモリ
156 同期信号分離回路
157 変調信号発生器

- 160 電子源基板
- 161 電子放出素子
- 162 共通配線
- 170 グリッド電極
- 171 開口

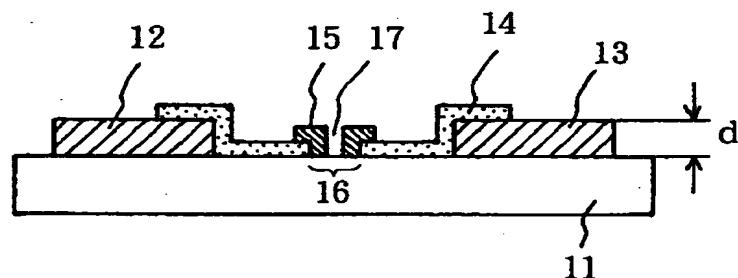
【書類名】 図面

【図1】

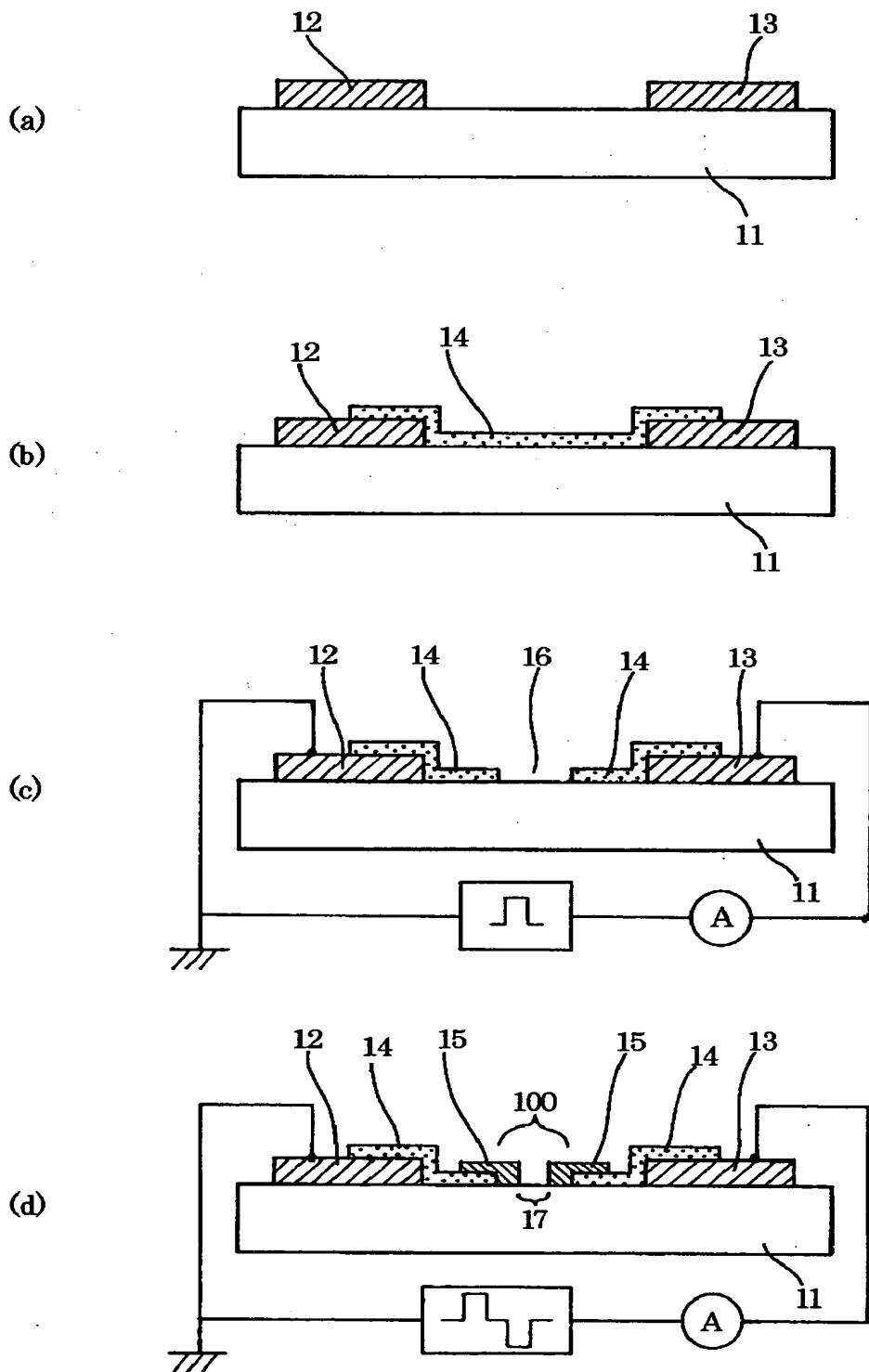
(a)



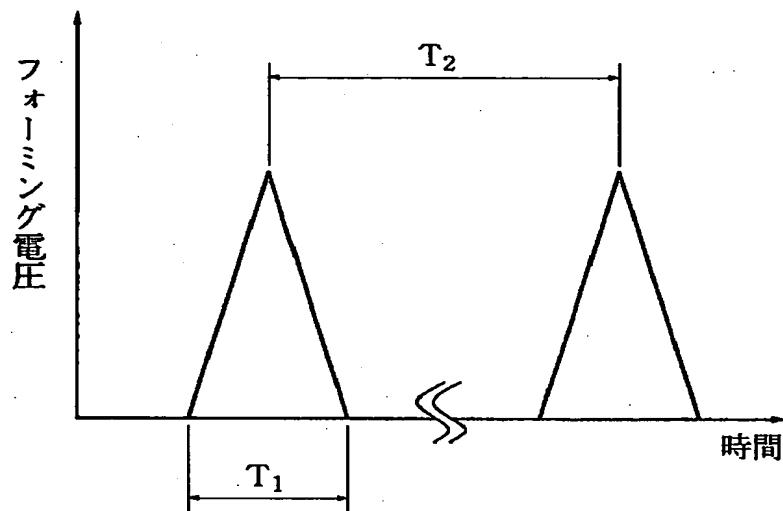
(b)



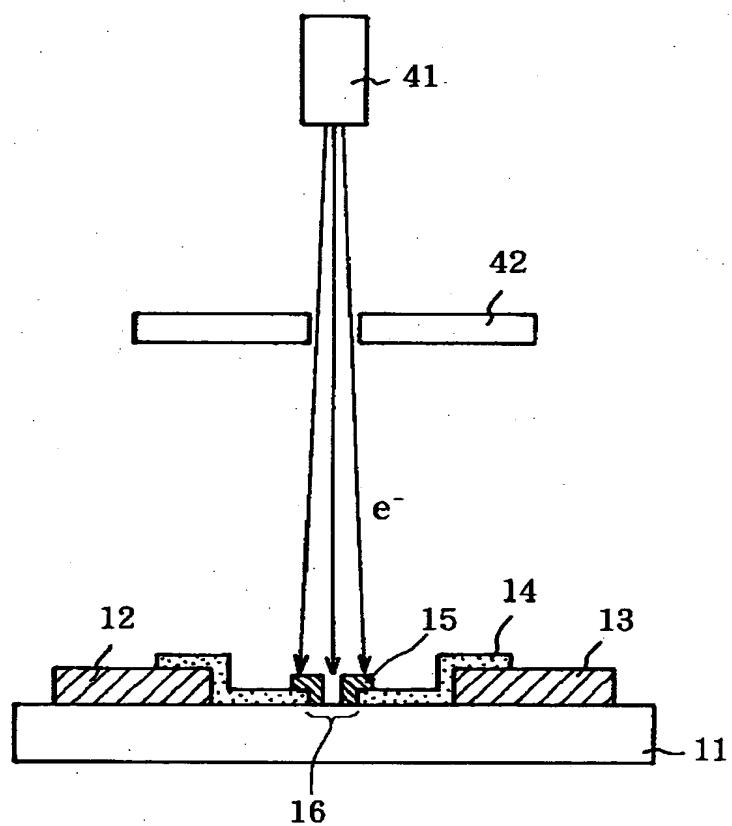
【図2】



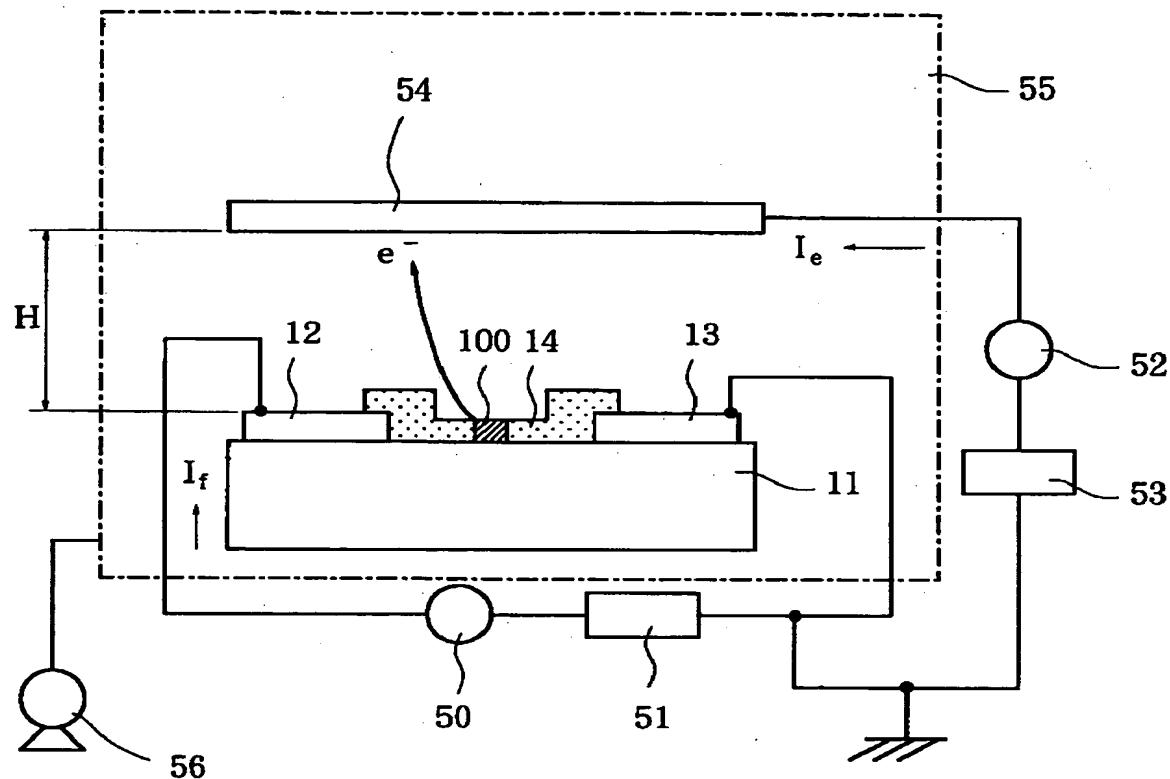
【図3】



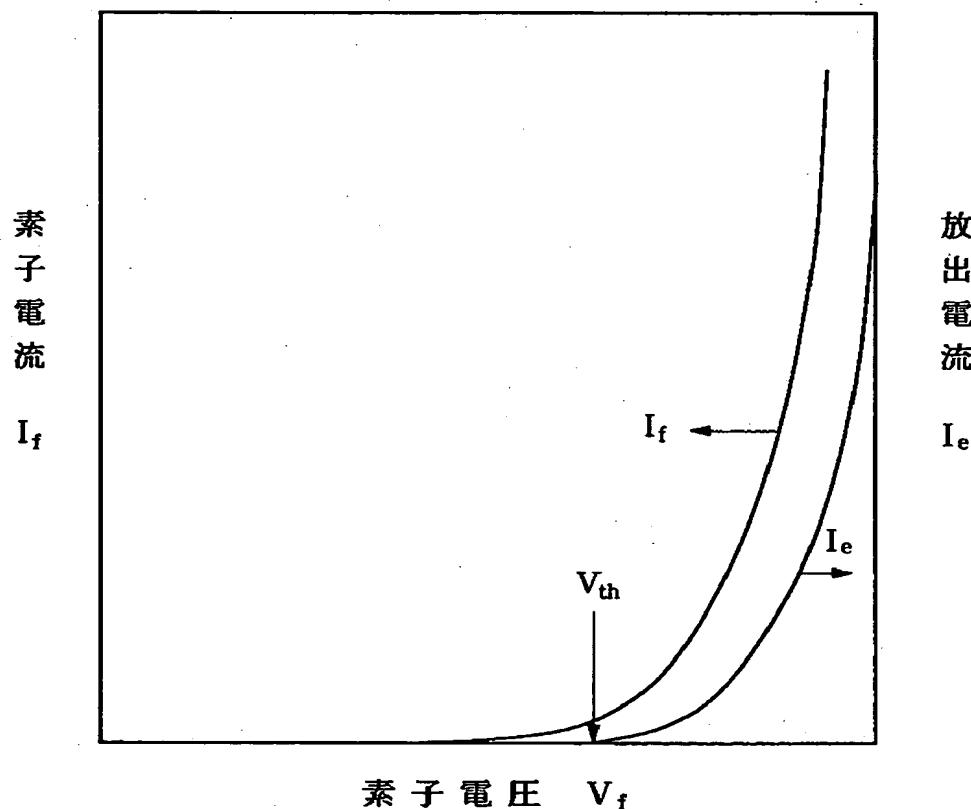
【図4】



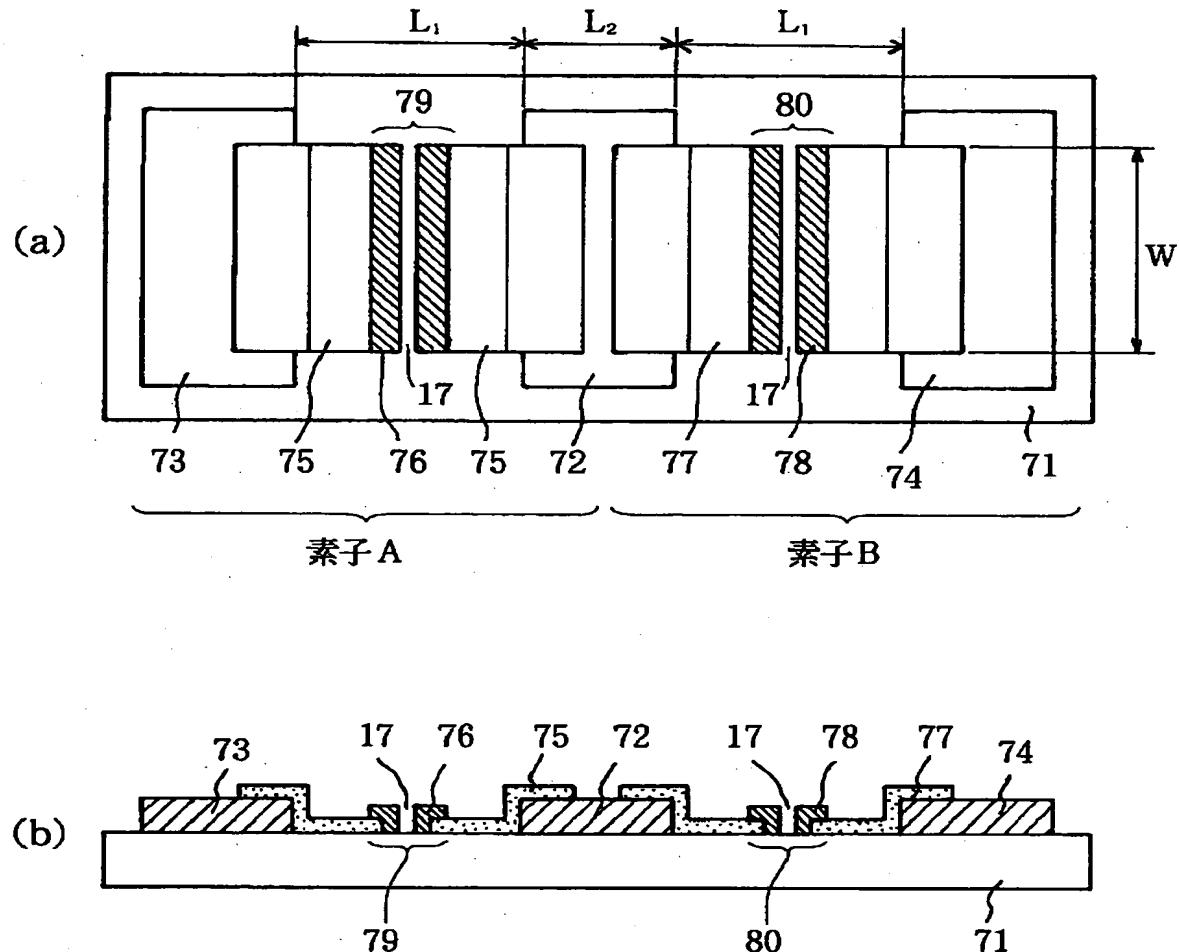
【図5】



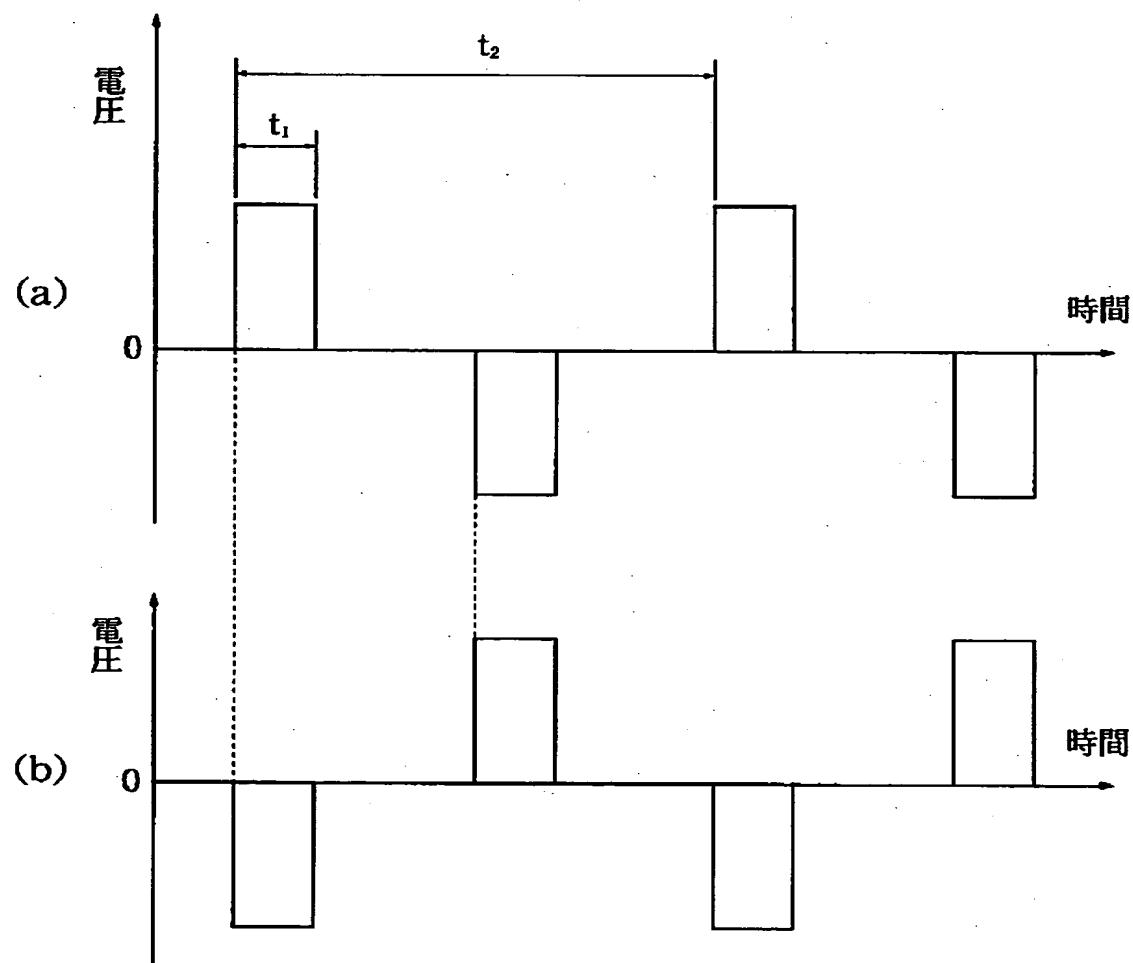
【図6】



【図7】

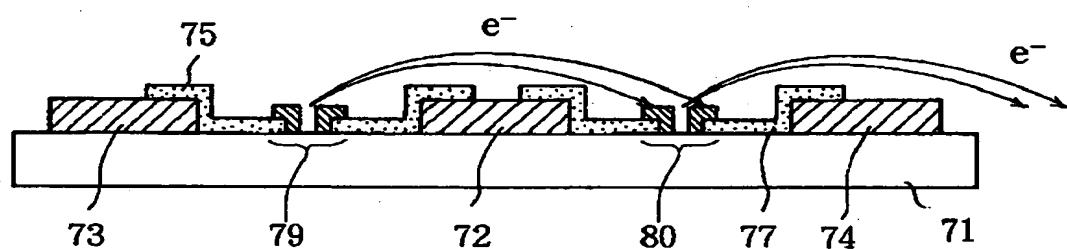


【図8】

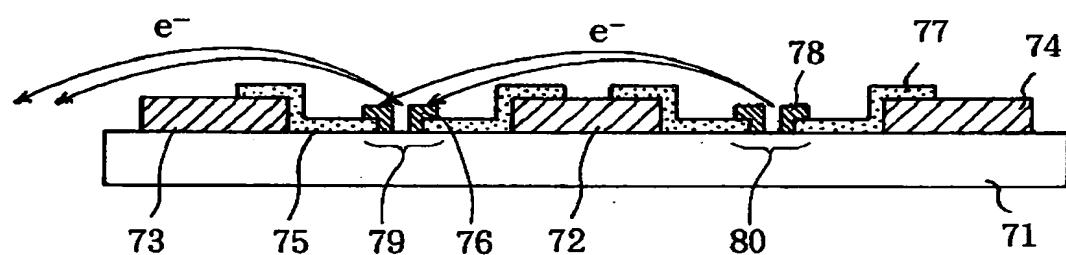


【図9】

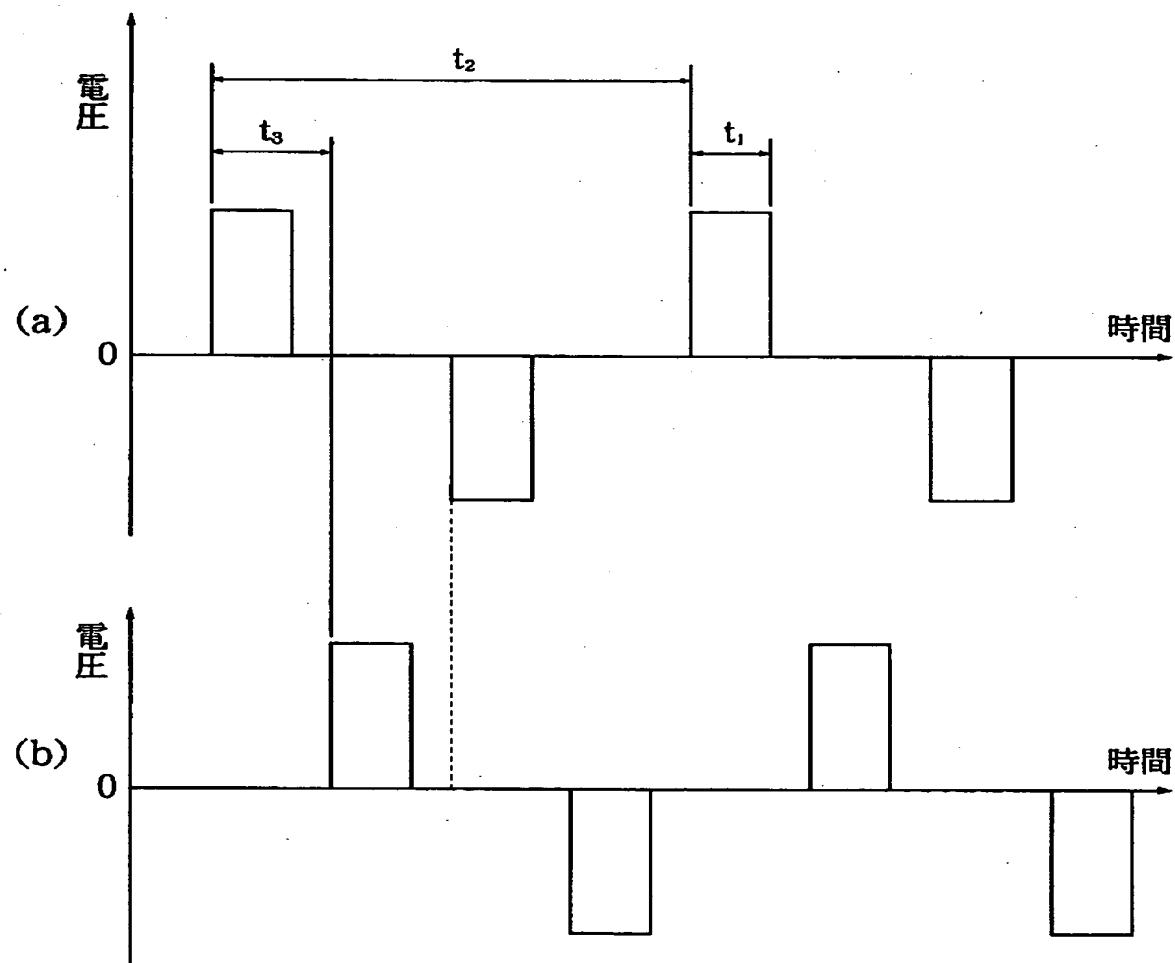
(a)



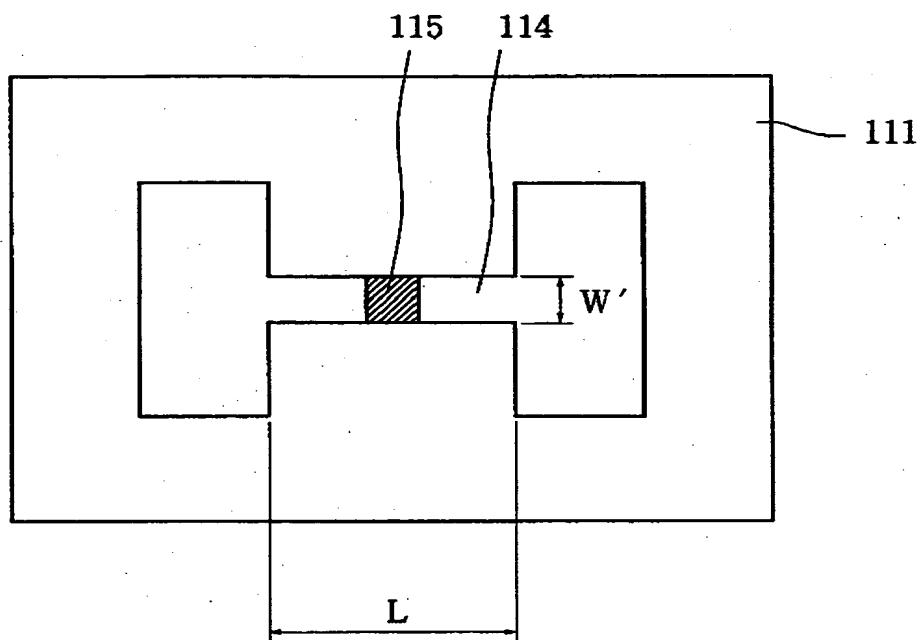
(b)



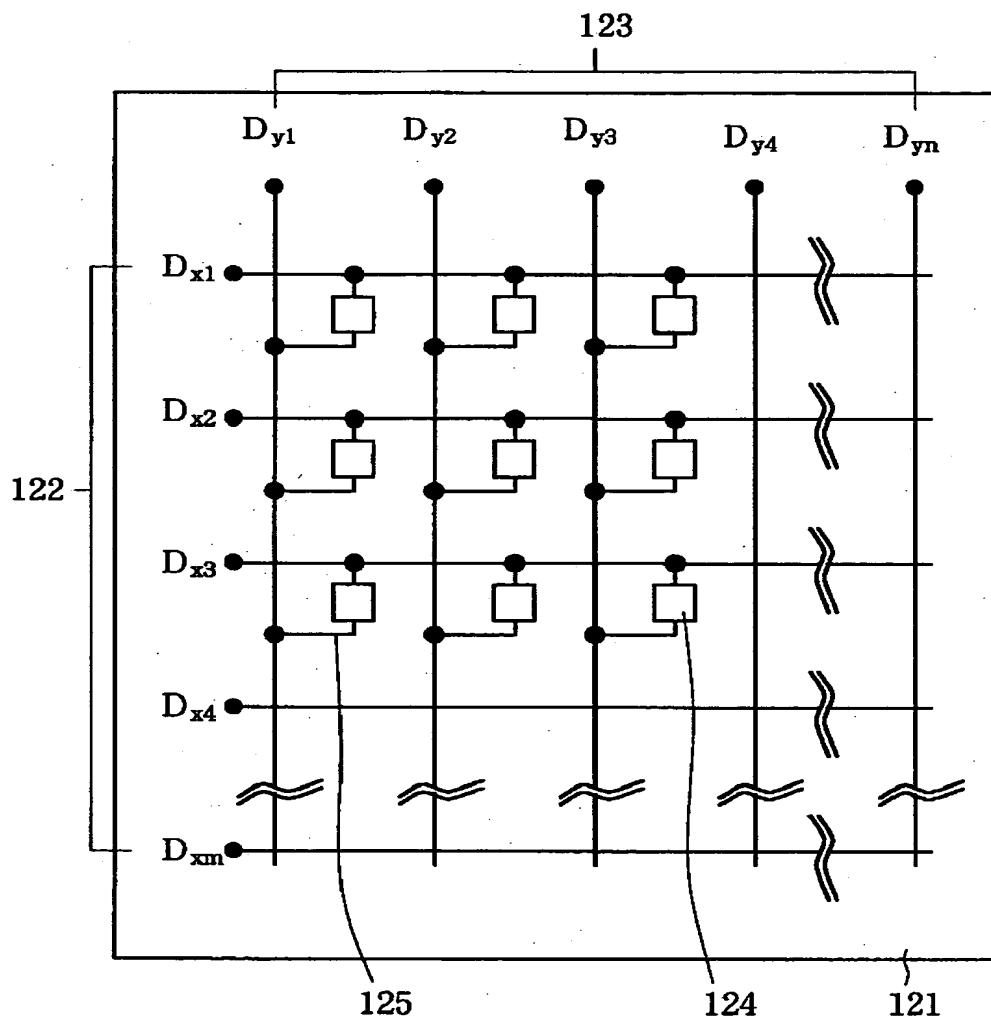
【図10】



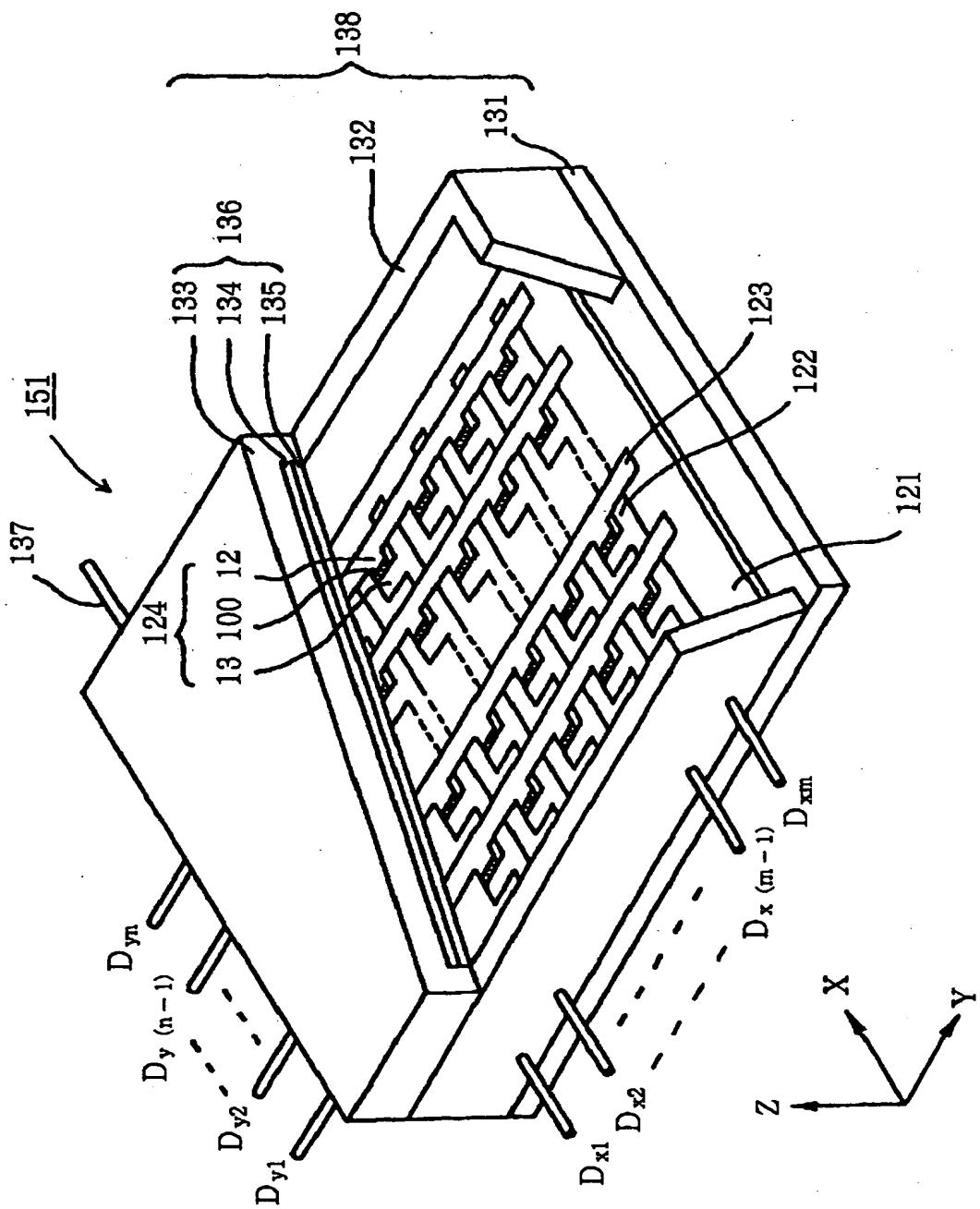
【図11】



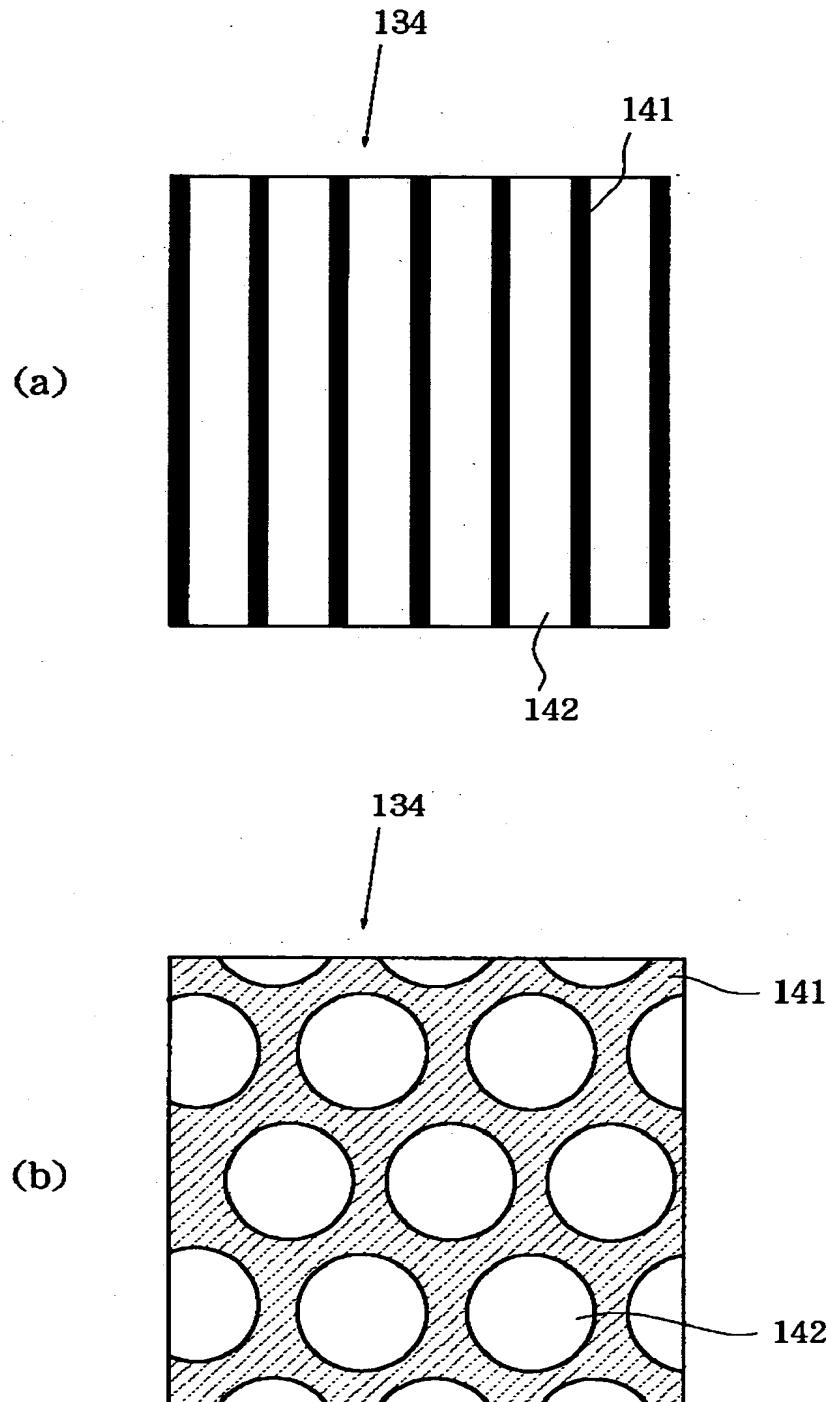
【図12】



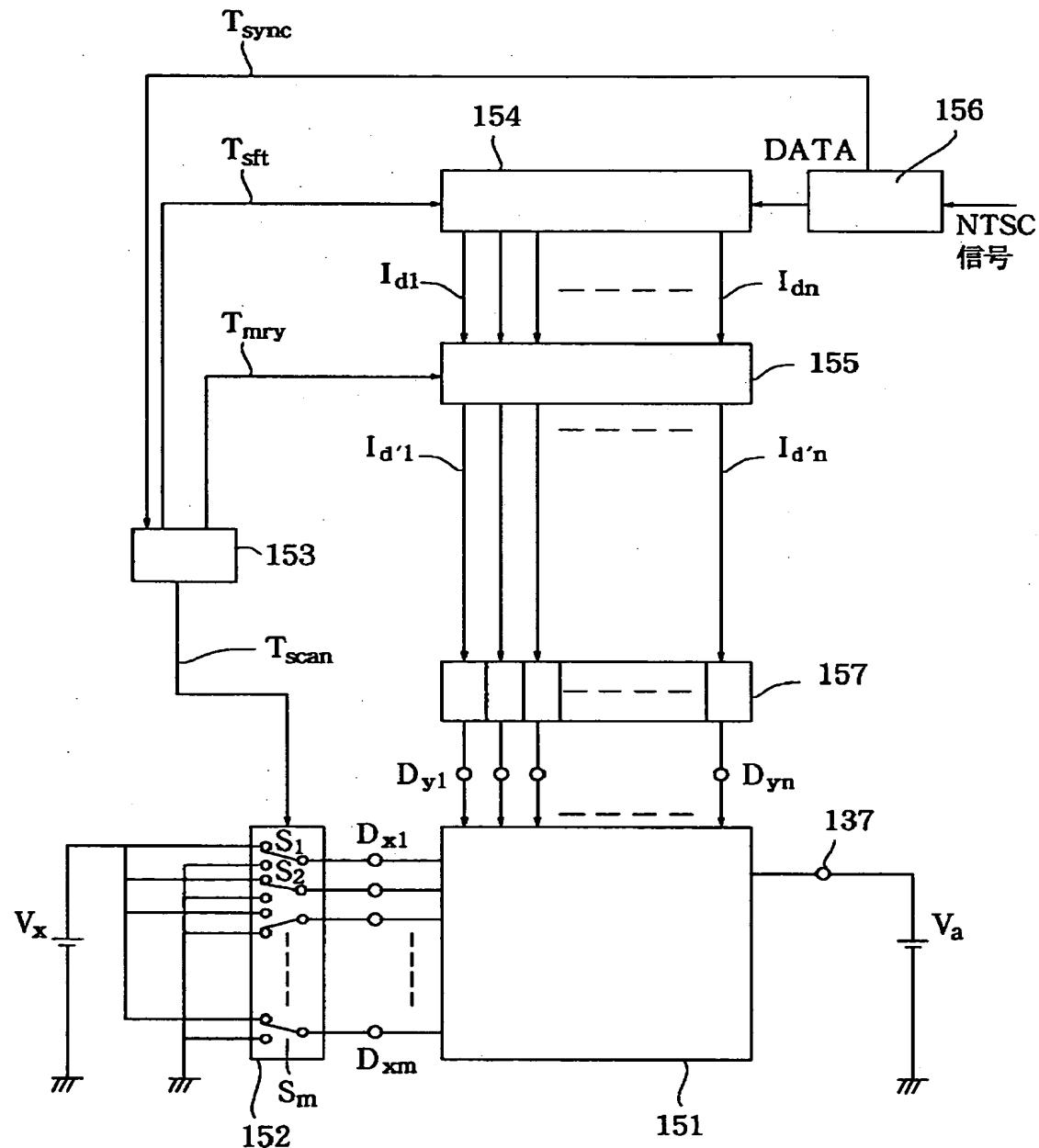
【図13】



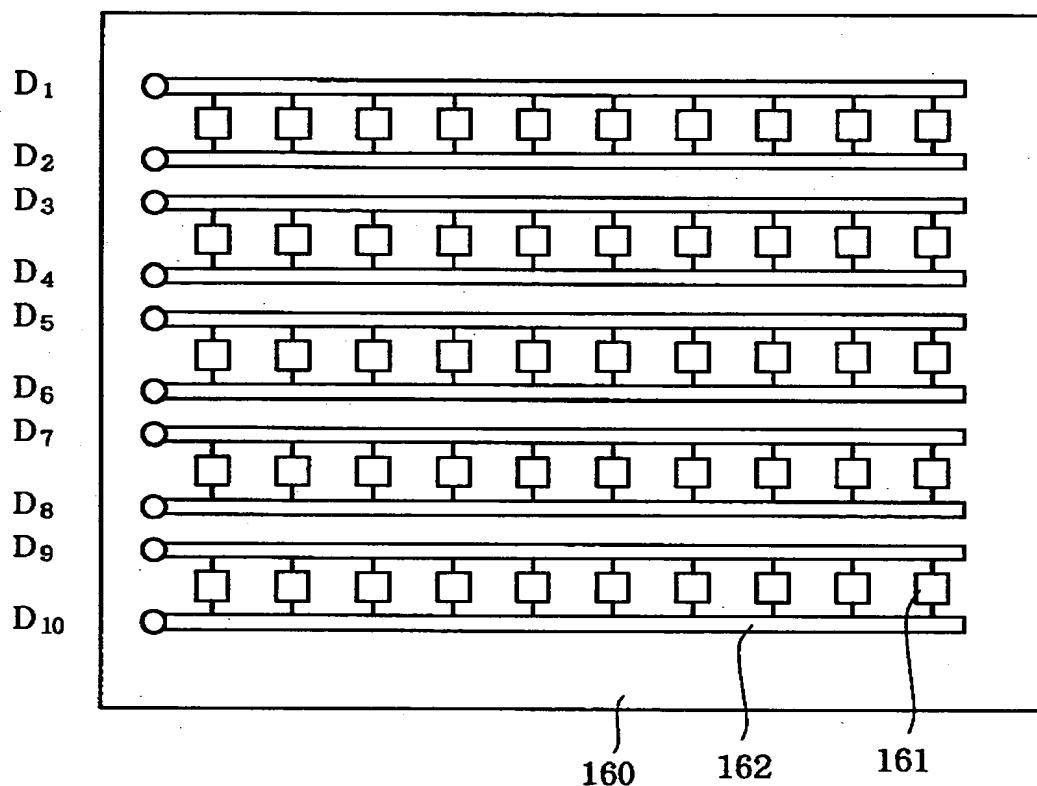
【図14】



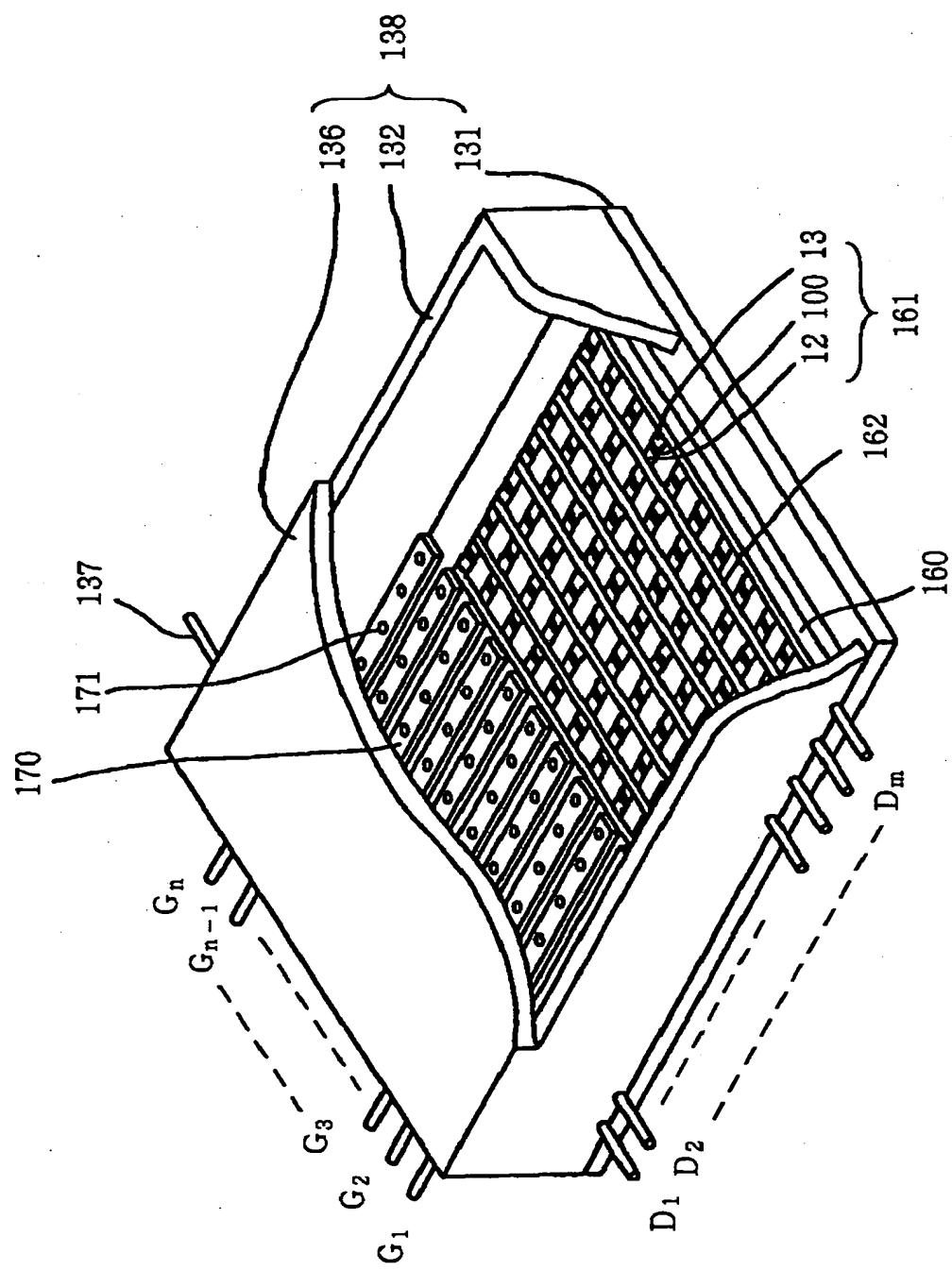
【図15】



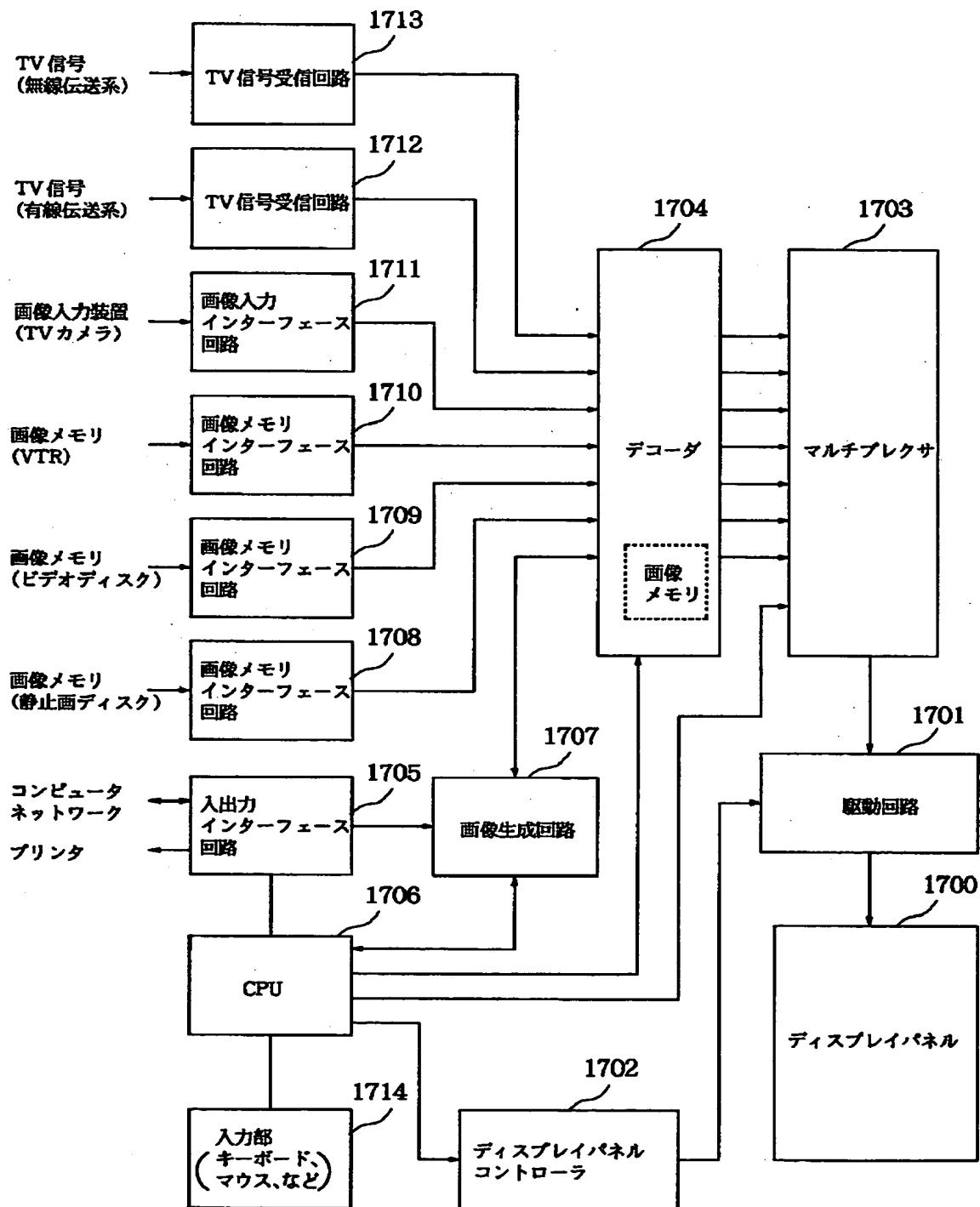
【図16】



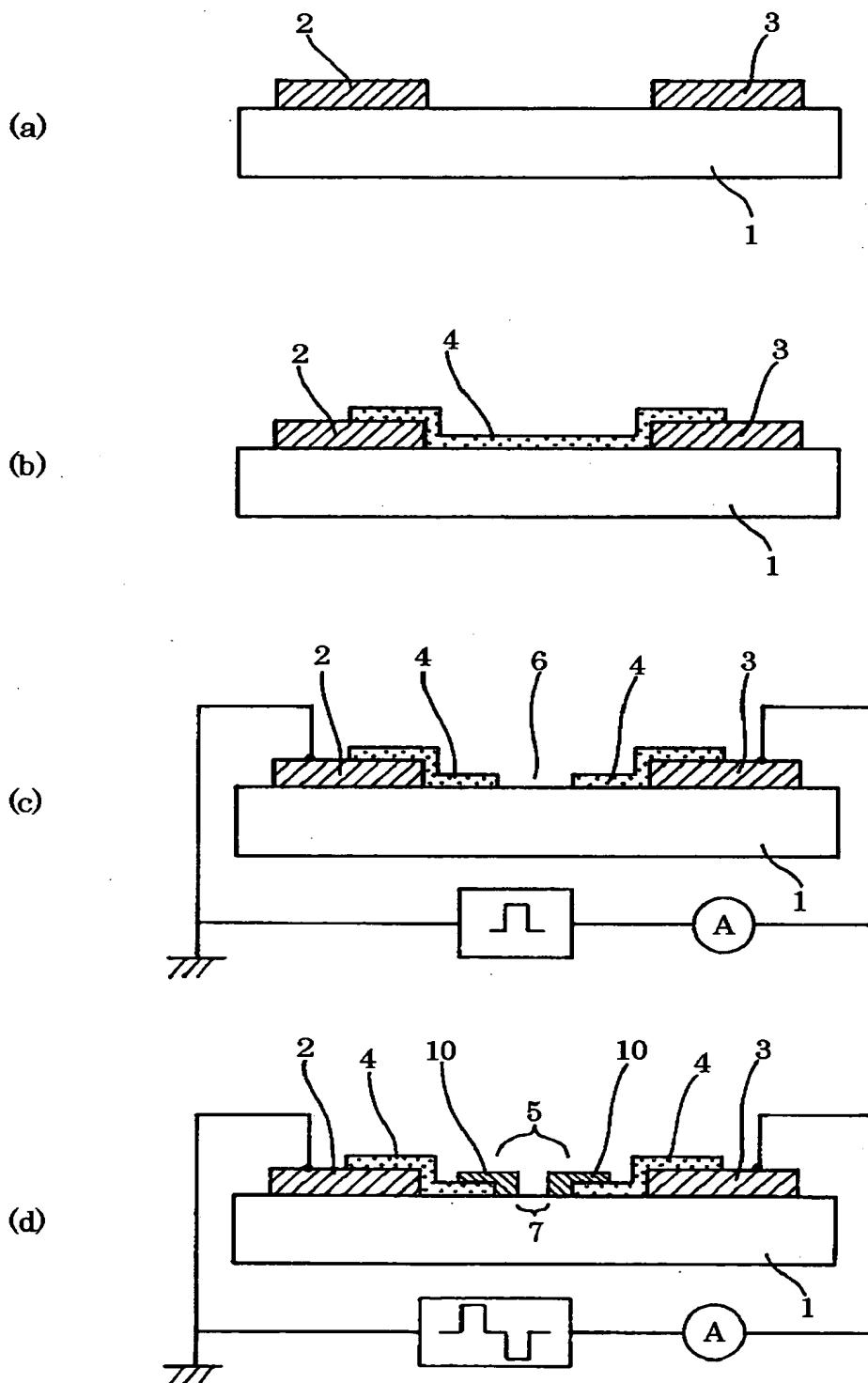
【図17】



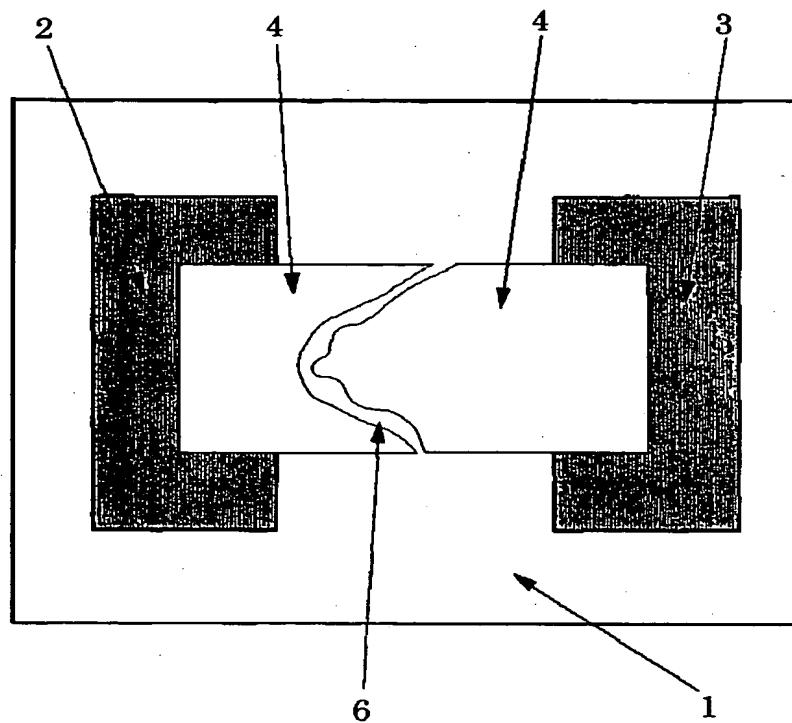
【図18】



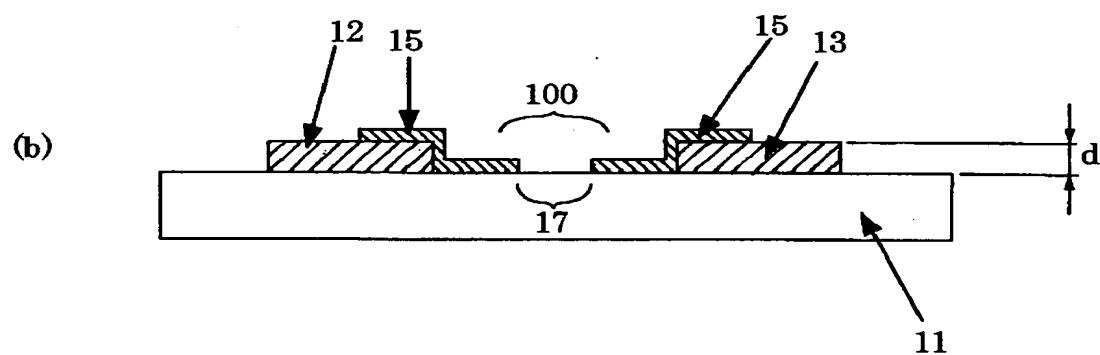
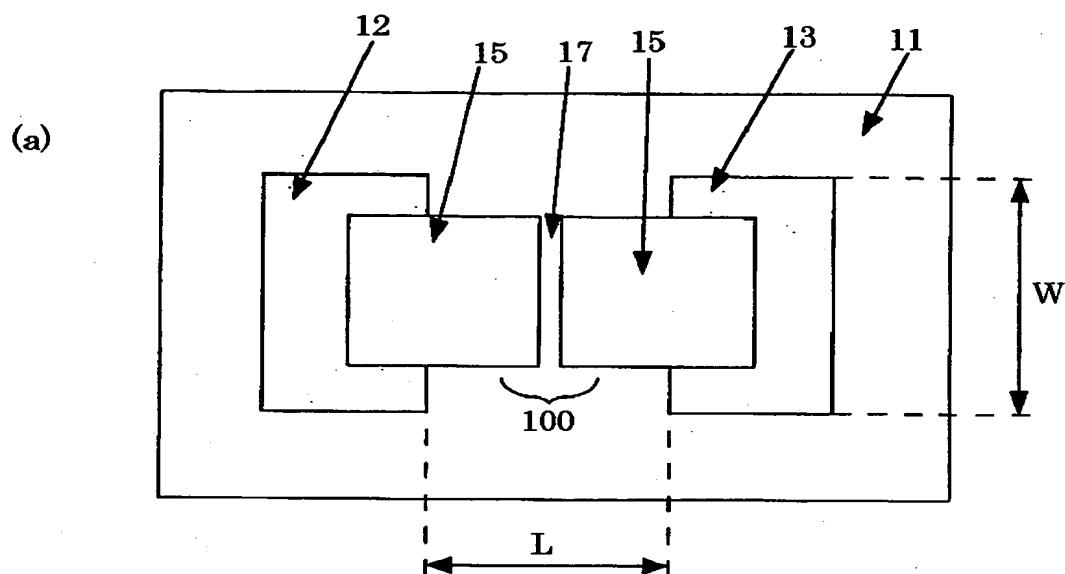
【図19】



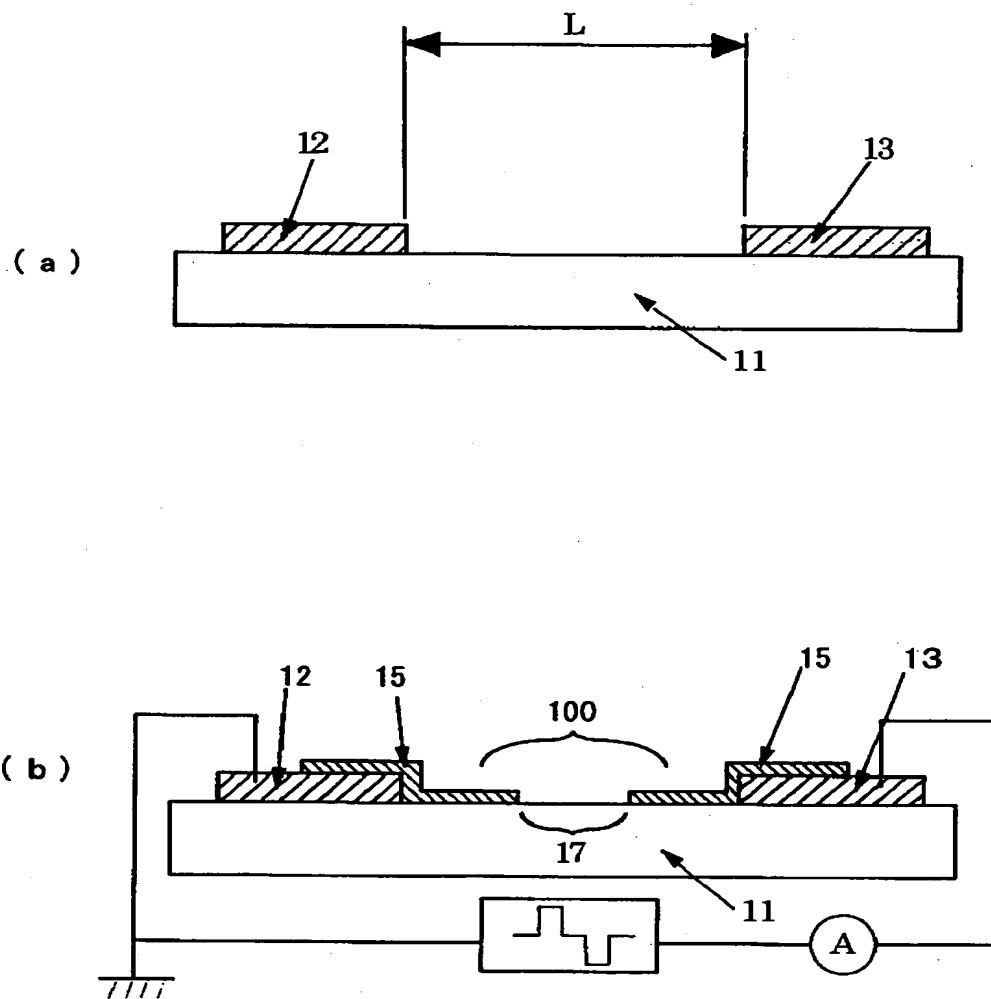
【図20】



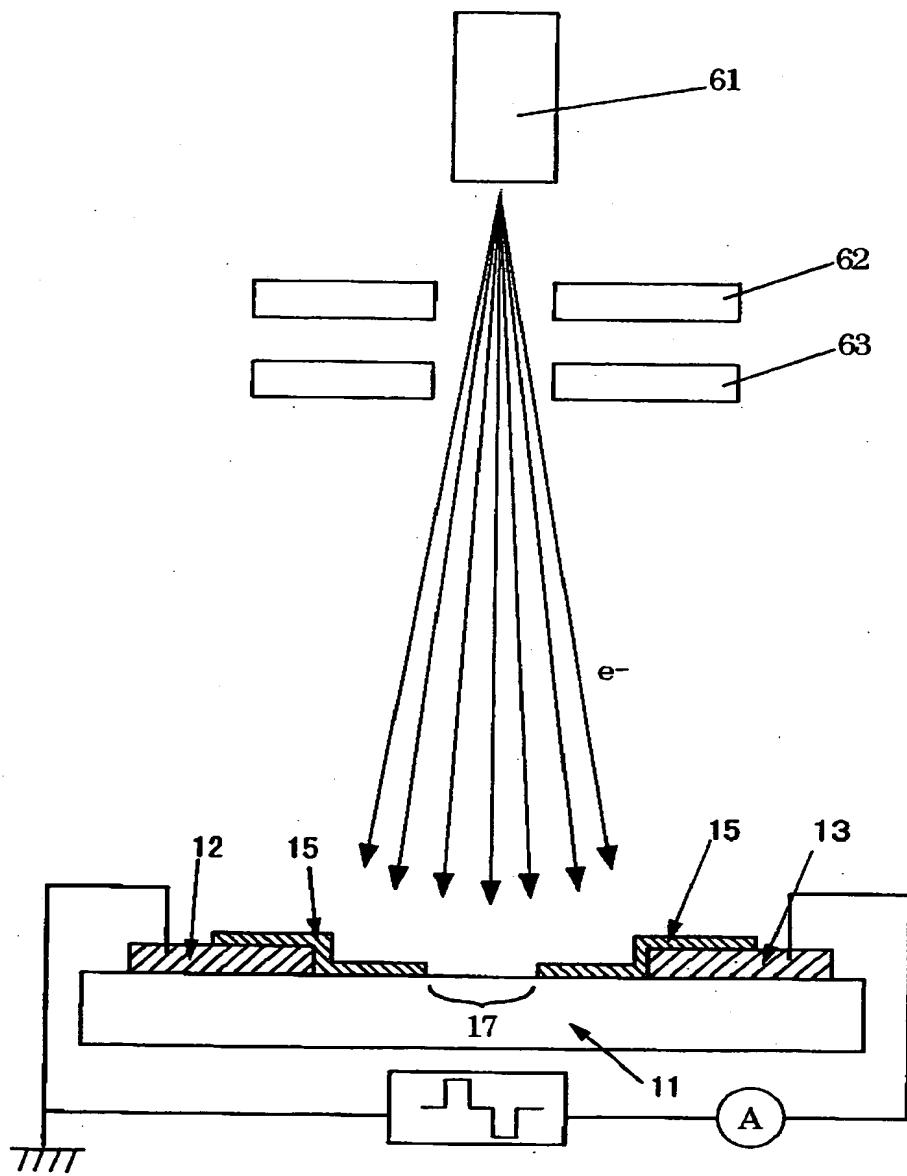
【図21】



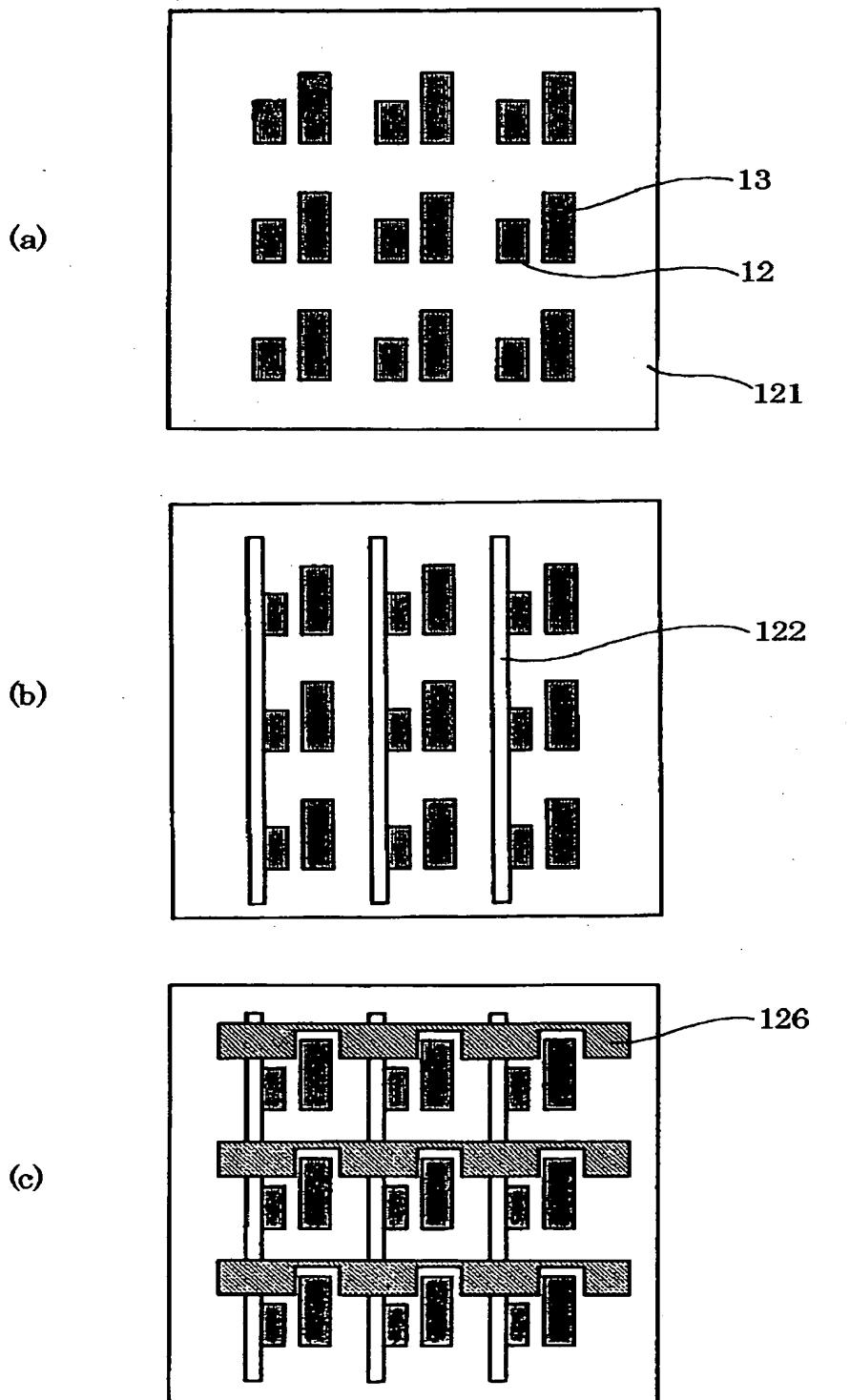
【図22】



【図23】

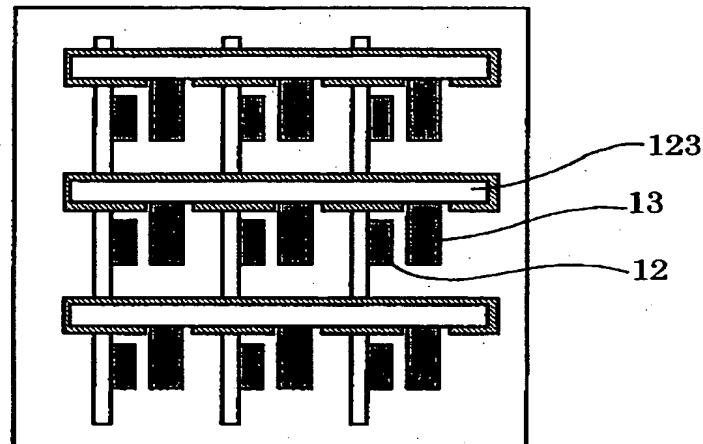


【図24】

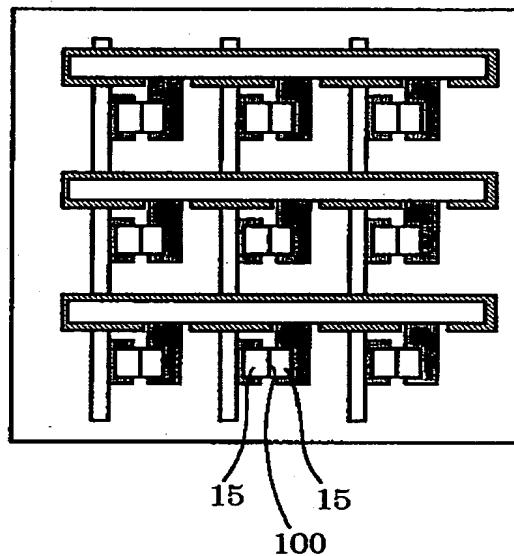


【図25】

(d)

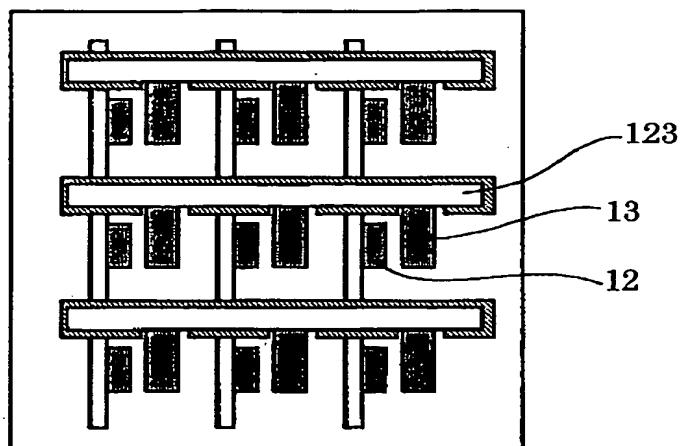


(e)

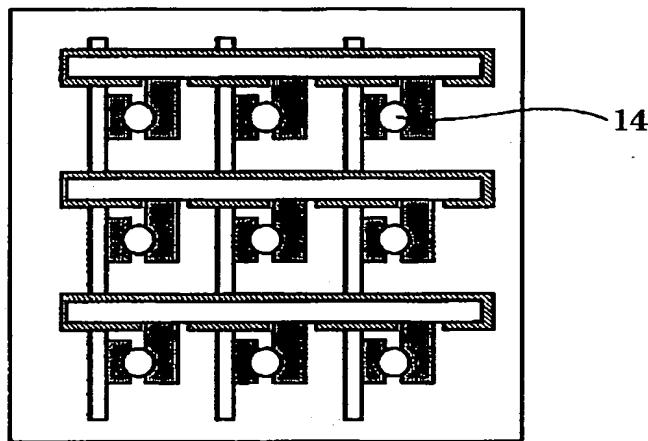


【図26】

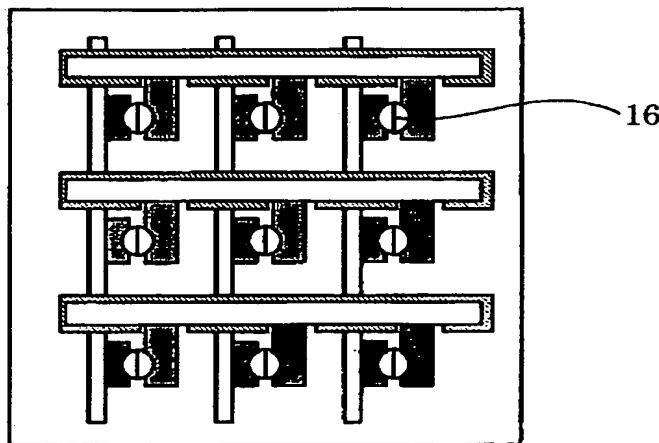
(d)



(e)



(f)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 良好な電子放出特性を長時間安定して得られる電子放出素子を提供する。

【解決手段】 基板上に、第2の間隙を有する導電性部材を配置する工程と、炭素化合物を含む雰囲気下で、前記導電性部材から離れて配置した電子放出手段から、少なくとも前記第2の間隙に、電子線を照射をしながら前記導電性部材に電圧を印加する工程と、を有することを特徴とする。

【選択図】 図4

認定・付加情報

| | |
|---------|---------------|
| 特許出願の番号 | 特願2000-030439 |
| 受付番号 | 50000139385 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第一担当上席 0090 |
| 作成日 | 平成12年 2月15日 |

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

| | |
|----------|-------------------|
| 【識別番号】 | 000001007 |
| 【住所又は居所】 | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 |
| 【氏名又は名称】 | キヤノン株式会社 |

【代理人】

| | |
|----------|--|
| 【識別番号】 | 100096828 |
| 【住所又は居所】 | 東京都千代田区有楽町1丁目4番1号 三信ビル 227号室 豊田・渡辺内外特許事務所 |
| 【氏名又は名称】 | 渡辺 敬介 |

【選任した代理人】

| | |
|----------|--|
| 【識別番号】 | 100059410 |
| 【住所又は居所】 | 東京都千代田区有楽町1丁目4番1号 三信ビル 227号室 豊田・渡辺内外特許事務所 |
| 【氏名又は名称】 | 豊田 善雄 |

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

氏 名 キヤノン株式会社